



TUGAS AKHIR – TI 141501

**MINIMASI WASTE DAN LEAD TIME PADA PROSES
PRODUKSI *LEAF SPRING* DENGAN PENDEKATAN *LEAN
MANUFACTURING***

RIZA NUR MADANIYAH

NRP 2513 100 007

DOSEN PEMBIMBING:

Prof. Ir. Moses L.Singgih, M.Sc., M.Reg.Sc., Ph.D., IPU

NIP. 19590817 198703 1 002

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017



FINAL PROJECT – TI 141501

***MINIMIZING WASTE AND LEAD TIME OF LEAF SPRING
PRODUCTION PROCESS BY LEAN MANUFACTURING
APPROACH***

RIZA NUR MADANIYAH

NRP 2513 100 007

SUPERVISOR:

Prof. Ir. Moses L.Singgih, M.Sc., M.Reg.Sc., Ph.D., IPU

NIP. 19590817 198703 1 002

INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTMENT

Faculty of Industrial Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017

LEMBAR PENGESAHAN
MINIMASI WASTE DAN LEAD TIME PADA PROSES
PRODUKSI LEAF SPRING DENGAN PENDEKATAN LEAN
MANUFACTURING

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

Oleh :

RIZA NUR MADANIYAH

NRP. 2513 100 007

Mengetahui/menyetujui,

Dosen Pembimbing

Prof. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc., M.Reg.Sc., Ph.D., IPU

NIP. 19590817 198703 1 002



SURABAYA, JULI 2017

MINIMASI WASTE DAN LEAD TIME PADA PROSES PRODUKSI *LEAF SPRING* DENGAN PENDEKATAN *LEAN MANUFACTURING*

Nama : Riza Nur Madaniyah
NRP : 2513100007
Departemen : Teknik Industri – ITS
Pembimbing : Prof. Ir. Moses L.Singgih, M.Sc., M.Reg.Sc., Ph.D., IPU

ABSTRAK

Leaf Spring merupakan salah satu komponen sistem suspensi kendaraan. Dalam memproduksi *leaf spring*, perusahaan amatan mengalami beberapa permasalahan seperti terjadinya *internal defect* dan *complain customer* selama tahun 2016. Rata-rata *internal defect* per bulan pada perusahaan *spring* amatan mencapai 4.01%. Hal ini tidak sejalan dengan target yang ditentukan perusahaan yakni sebesar 1.7%. Selain itu, *customer complain* sepanjang tahun 2016 juga tidak sejalan dengan target perusahaan untuk mencapai *zero complain customer*. Permasalahan *internal defect* dan *complain customer* menyebabkan menurunnya tingkat kepercayaan konsumen, meningkatnya biaya tak terduga serta menurunnya profit perusahaan. *Internal defect* dan *complain customer* mengindikasikan terdapatnya permasalahan dalam proses produksi *leaf spring*. Sehingga, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi *waste*, menganalisis akar penyebab permasalahan pada proses produksi *multi leaf spring* lokal, dan menurunkan *lead time* proses produksi *multi leaf spring* lokal, serta selanjutnya memberikan rekomendasi perbaikan dengan pendekatan *lean manufacturing*. Langkah yang dilakukan dalam penelitian ini dimulai dari identifikasi kondisi *existing* serta identifikasi *waste* menggunakan *tools value stream mapping*, *value stream analysis tools*, dan *waste assessment model*. Berdasarkan hasil *waste assessment model*, didapatkan 3 *waste* kritis yakni *defect*, *inventory* dan *waiting*. Selanjutnya dilakukan analisis akar permasalahan pada *waste* kritis dengan menggunakan *Root Cause Analysis*. Setelah itu, dirancang kuesioner *Failure Mode and Effect Analysis* untuk menilai tingkat *severity*, *occurrence*, dan *detection* dari masing-masing akar penyebab permasalahan hingga diperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN). 4 akar permasalahan yang memiliki nilai RPN tertinggi diberikan rekomendasi perbaikan untuk dapat meminimalkan terjadinya *waste*, sehingga produktivitas perusahaan dapat meningkat. Selain meminimumkan terjadinya *waste*, dilakukan evaluasi terhadap alur proses produksi *multi leaf spring* lokal sehingga dihasilkan *future state value stream mapping*. *Future state value stream mapping* berkontribusi terhadap penurunan *lead time* sebesar 76.67 menit (8.50%) dan penurunan *delay* sebesar 235.02 menit (36.06%).

Kata Kunci: *Lean Manufacturing*, *Risk Priority Number* (RPN), *Root Cause Analysis* (RCA), *Value Stream Mapping* (VSM), *Waste Assessment Model*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

MINIMIZING WASTE AND LEAD TIME OF LEAF SPRING PRODUCTION PROCESS BY LEAN MANUFACTURING APPROACH

Name : Riza Nur Madaniyah
Student-ID : 2513100007
Department : Teknik Industri – ITS
Supervisor : Prof. Ir. Moses L.Singgih, M.Sc., M.Reg.Sc., Ph.D., IPU

ABSTRACT

Leaf spring is a component of vehicle suspension system. In producing leaf spring, observed company encounter some problems such as internal defect and customer complaint during 2016. Per month average of internal defect at observed spring company reach 4,01%. These result is not match with the target set by the company which is 1,7%. Otherwise, customer complaint during 2016 also not in line with the target to achieve zero customer complaint. Internal defect and customer complaint problems lead to a decreased levels of customer trust, rising unexpected cost and decreased corporate profits. Internal defect and customer complaint indicates that there is a problem in the leaf spring production process. So, this study aims to identify the waste, analyze the root cause of the problem, and decrease the lead time of local multi leaf spring production process, and further provides improvement recommendations by using lean manufacturing approach. The steps taken in this research starts from the identification of existing conditions and the identification of waste using value stream mapping, value stream analysis tools, and waste assesment model. Based on the results of waste assesment model, obtained 3 critical waste that is defect, inventory and waiting. Next, the root cause at critical waste analyzed using root cause analysis method. after that, designed a failure mode and effect analysis questionnaire to asses the level of severity, occurance and detection of each root cause of the problem to obtain the value of risk property number (RPN). 4 of the root problems that has the highest RPN value is given improvement recommendation to minimize the waste, so that the productivity of the company increases. in addition of minimizing of waste, an evaluation of local multi lead spring production flow process is done resulting future state value stream mapping. future state value stream mapping contributes to a decrease in lead time by 76,67 minutes (8.50%) and decrease in delay by 235,02 minutes (36.06%).

Key Words : *Lean Manufacturing, Risk Priority Number (RPN), Root Cause Analysis (RCA), Value Stream Mapping (VSM), Waste Assessment Model.*

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT karena limpahan rahmat, taufik, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya dan tepat waktu.

Laporan Tugas Akhir ini diajukan sebagai syarat untuk menyelesaikan studi Strata-1 di Departemen Teknik Industri dengan judul “Minimasi *Waste* dan *Lead Time* Pada Proses Produksi *Leaf Spring* Dengan Pendekatan *Lean Manufacturing*”. Selama pelaksanaan dan penyusunan Tugas Akhir ini, penulis telah menerima bantuan baik moril maupun materiil dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Moh. Adnan dan Ibu Faizah, S.Pd yang selama ini menjadi motivasi penulis agar dapat menyelesaikan studi dan juga Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat waktu. Pencapaian yang diraih oleh penulis tidak lepas dari doa, dukungan, semangat, dan kasih sayang dari keduanya.
2. Bapak Prof. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc., M.Reg.Sc., Ph.D., IPU selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberi bimbingan, arahan, perhatian, dan nasihat selama penulisan dan penyelesaian Tugas Akhir dengan sangat baik dan sabar.
3. Bapak H. Hari Supriyanto, Ir., MSIE dan Ibu Putu Dana Karningsih, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D selaku dosen penguji pada seminar proposal tugas akhir sekaligus penguji dalam sidang Tugas Akhir.
4. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Industri ITS yang telah mendidik dan mengajarkan banyak ilmu dan pelajaran berharga kepada penulis selama masa perkuliahan di Teknik Industri ITS khususnya Bapak Nurhadi Siswanto, S.T, M.S.I.E., Ph.D selaku Ketua Jurusan, Bapak Dr. Adhitya Sudiarno selaku dosen koordinator Tugas Akhir, dan Bapak Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wijodirjo, M.Eng selaku dosen wali penulis.

5. Teman-teman TI angkatan 2013 (Cyprium) yang menjadi teman seperjuangan selama masa perkuliahan yang selalu memberikan keceriaan dan motivasi dalam penyelesaian Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis memohon maaf atas segala kesalahan dan kekurangan yang ada. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Juli 2017

Riza Nur Madaniyah

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	6
1.5.1 Batasan	6
1.5.2 Asumsi	7
1.6 Sistematika Penelitian	7
BAB 2	9
TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Konsep <i>Lean Thinking</i>	9
2.2 <i>Lean Manufacturing</i>	11
2.2.1 Definisi <i>Lean manufacturing</i>	11
2.2.2 <i>Waste</i>	11
2.2.3 Tipe Aktivitas	13
2.3 Konsep <i>Waste Assessment</i>	14
2.3.1 <i>Seven Waste Relationship</i>	14
2.3.2 <i>Waste Relationship Matrix</i>	17
2.3.3 <i>Waste Assessment Questionnaire</i>	18
2.4 <i>Value Stream Mapping (VSM)</i>	20

2.5	<i>Value Stream Analysis Tools (VALSAT)</i>	23
2.6	<i>Root Cause Analysis (RCA)</i>	26
2.7	<i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>	27
BAB 3		29
METODOLOGI PENELITIAN		29
3.1	Tahap Pendahuluan	31
3.1.1	Identifikasi Masalah	31
3.1.2	Studi Lapangan	31
3.1.3	Studi Literatur	32
3.1.4	Perumusan Masalah	32
3.1.5	Penentuan Tujuan	32
3.2	Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data	33
3.3	Tahap Analisis dan Interpretasi Data	36
3.4	Tahap Perancangan Usulan Perbaikan	36
3.5	Tahap Kesimpulan dan Saran	36
BAB 4		37
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA		37
4.1	<i>Leaf Spring</i>	37
4.1.1	Proses Produksi <i>Leaf Spring</i>	40
4.1.2	Penentuan Paralel dan Seri Proses Produksi <i>Leaf Spring</i>	43
4.1.2	Proses Produksi <i>Leaf Spring</i> Tipe <i>Multi Leaf Spring</i> Lokal	47
4.2	<i>Current State Value Stream Mapping</i>	52
4.2.1	Aliran Informasi	52
4.2.2	Aliran Material	53
4.3	Identifikasi <i>Waste</i>	55
4.3.1	<i>Seven Waste Relationship</i>	56
4.3.2	<i>Waste Relationship Matrix</i>	59
4.3.3	<i>Waste Assessment Questionnaire</i>	60
4.4	<i>Value Stream Mapping Analysis</i>	69
BAB 5		77
ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA		77

5.1	Analisis <i>Waste</i> Kritis Berdasarkan <i>Waste Assessment Model</i> dan <i>Value Stream Analysis Tools</i>	77
5.2	<i>Root Cause Analysis</i> pada <i>Waste</i> Kritis	78
5.2.1	<i>Defect</i>	78
5.2.2	<i>Inventory</i>	82
5.2.3	<i>Waiting</i>	86
5.3	Nilai RPN Tertinggi Mengadopsi <i>Failure Mode And Effect Analysis</i> (FMEA) Untuk Menentukan Akar Penyebab <i>Waste</i> Kritis	88
5.3.1	FMEA <i>Waste</i> Kritis <i>Defect</i>	92
5.3.2	FMEA <i>Inventory</i>	96
5.3.3	FMEA <i>Waiting</i>	98
5.3	Penentuan Alternatif Rekomendasi Perbaikan.....	101
BAB 6	105
RANCANGAN REKOMENDASI PERBAIKAN		105
6.1	<i>Future State Value Stream Mapping</i>	105
6.2	Pembuatan <i>Jig</i> Mesin <i>Power Press</i> Proses <i>Clip & Silincer Hole</i>	130
6.3	Perbaikan Desain <i>Stopper Taper</i>	132
6.4	Pembuatan SOP Penanganan Material/Produk <i>Defect</i> dan <i>Scrap</i>	134
6.6	Penerapan 5S pada <i>Tools</i>	139
BAB 7	151
7.1	Kesimpulan	151
7.2	Saran	152
DAFTAR PUSTAKA		153
LAMPIRAN A		157

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kriteria Untuk Pembobotan Kekuatan <i>Waste Relationship</i>	15
Tabel 2. 2 Konversi Rentang Skor Keterkaitan Antar <i>Waste</i>	16
Tabel 2. 3 Contoh <i>Waste Relationship Matrix</i>	17
Tabel 2. 4 Contoh <i>Waste Matrix Value</i>	18
Tabel 2. 5 Bobot Awal Yang Diperoleh Dari WRM	19
Tabel 2. 6 Matrik Seleksi 7 VALSAT	25
Tabel 3. 1 Pihak <i>Expert</i> Diskusi <i>Seven Waste Relationship</i>	34
Tabel 4. 1 Sifat Material Utama.....	38
Tabel 4. 2 Spesifikasi <i>Multi Leaf Spring</i> Lokal	39
Tabel 4. 3 Proses Produksi <i>Multi Leaf Spring</i> Lokal	47
Tabel 4. 4 Waktu Proses Produksi 100 unit <i>Multi Leaf Spring</i> Lokal	51
Tabel 4. 5 Pertanyaan <i>Seven Waste Relationship</i>	56
Tabel 4. 6 Tabulasi Perhitungan Keterkaitan Antar <i>Waste</i> Hasil Diskusi	57
Tabel 4. 7 Konversi Rentang Skor Keterkaitan Antar <i>Waste</i>	58
Tabel 4. 8 Keterkaitan Antar <i>Waste</i>	58
Tabel 4. 9 <i>Waste Relationship Matrix</i>	59
Tabel 4. 10 <i>Waste Matrix Value</i>	60
Tabel 4. 11 Jumlah Jenis Pertanyaan <i>To</i> dan <i>From</i>	61
Tabel 4. 12 Nilai Awal Berdasarkan <i>Waste Matrix Value</i>	61
Tabel 4. 13 Nilai Pertanyaan dibagi N_i dan Jumlah Skor (S_j) dan Frekuensi (F_j)	62
Tabel 4. 14 Hasil Kuesioner WAQ	64
Tabel 4. 15 Hasil Total Skor (s_j) dan Frekuensi (f_j) Hasil Kali dengan <i>Weight</i> ...	65
Tabel 4. 16 Rekapitulasi Hasil <i>Waste Assessment</i>	66
Tabel 4. 17 Hasil Pembobotan VALSAT	69
Tabel 4. 18 <i>Process Activity Mapping</i> Proses Produksi <i>Multi Leaf Spring</i> Lokal	70
Tabel 4. 19 Jumlah dan Proporsi Waktu Setiap Aktivitas	76
Tabel 5. 1 5 Why's Waste Kritis <i>Defect</i>	79
Tabel 5. 2 Data <i>Defect</i> Proses <i>Shearing</i> Bulan Januari, Februari, Maret, April 2017.....	80

Tabel 5. 3 5 <i>Why's Waste Kritis Inventory</i>	83
Tabel 5. 4 Proses Produksi <i>Multi Leaf Spring</i> Lokal.....	84
Tabel 5. 5 5 <i>Why's Waste Kritis Waiting</i>	86
Tabel 5. 6 Kriteria <i>Severity</i> Berdasarkan Studi Pustaka.....	88
Tabel 5. 7 Kriteria <i>Occurrence</i> Berdasarkan Studi Pustaka.....	89
Tabel 5. 8 Kriteria <i>Detection</i> Berdasarkan Studi Pustaka	89
Tabel 5. 9 FMEA <i>Worksheet</i> “Modifikasi dari Carlson (2012)”.....	91
Tabel 5. 10 <i>Severity Waste Kritis Defect</i> “Modifikasi dari Carlson (2012)”	92
Tabel 5. 11 <i>Occurrence Waste Kritis Defect</i> “Modifikasi dari Carlson (2012)” ..	93
Tabel 5. 12 <i>Detection Waste Kritis Defect</i> “Modifikasi dari Carlson (2012)”	93
Tabel 5. 13 FMEA <i>Worksheet</i> untuk <i>Waste Kritis Defect</i>	94
Tabel 5. 14 <i>Severity Waste Kritis Inventory</i> “Modifikasi dari Carlson (2012)”....	96
Tabel 5. 15 <i>Occurrence Waste Kritis Inventory</i> “Modifikasi dari Carlson (2012)”	96
Tabel 5. 16 <i>Detection Waste Kritis Inventory</i> “Modifikasi dari Carlson (2012)”.	97
Tabel 5. 17 FMEA <i>Worksheet</i> untuk <i>Waste Kritis Inventory</i>	98
Tabel 5. 18 <i>Severity Waste Kritis Waiting</i> “Modifikasi dari Carlson (2012)”	98
Tabel 5. 19 <i>Occurrence Waste Kritis Waiting</i> “Modifikasi dari Carlson (2012)”	99
Tabel 5. 20 <i>Detection Waste Kritis Waiting</i> “Modifikasi dari Carlson (2012)” ...	99
Tabel 5. 21 FMEA <i>Worksheet</i> untuk <i>Waste Kritis Inventory</i>	100
Tabel 5. 22 Rekomendasi Perbaikan Sesuai Akar Penyebab	101
Tabel 6. 1 Waktu Proses Produksi 100 unit <i>Multi Leaf Spring</i> Lokal (Rekomendasi).....	106
Tabel 6. 2 Waktu Proses Produksi 100 unit <i>Multi Leaf Spring</i> Lokal (<i>Leaf</i> 123)	108
Tabel 6. 3 Waktu Proses Produksi 100 unit <i>Multi Leaf Spring</i> Lokal (<i>Leaf</i> 132)	109
Tabel 6. 4 Waktu Proses Produksi 100 unit <i>Multi Leaf Spring</i> Lokal (<i>Leaf</i> 213)	110
Tabel 6. 5 Waktu Proses Produksi 100 unit <i>Multi Leaf Spring</i> Lokal (<i>Leaf</i> 231)	111
Tabel 6. 6 Waktu Proses Produksi 100 unit <i>Multi Leaf Spring</i> Lokal (<i>Leaf</i> 312)	112
Tabel 6. 7 Waktu Proses Produksi 100 unit <i>Multi Leaf Spring</i> Lokal (<i>Leaf</i> 321)	114
Tabel 6. 8 Rekapitan Hasil <i>Lead Time</i> Alternatif	115
Tabel 6. 9 Waktu Proses Produksi 100 unit <i>Multi Leaf Spring</i> Lokal (Rekomendasi).....	118

Tabel 6. 10 Perbedaan Kondisi <i>Existing</i> Dan Rekomendasi.....	119
Tabel 6. 11 <i>Process Activity Mapping</i> Proses Produksi <i>Multi Leaf Spring</i> Lokal	120
Tabel 6. 12 Jumlah dan Proporsi Waktu Setiap Aktivitas	129
Tabel 6. 13 Perbedaan Kondisi <i>Existing</i> Dan Rekomendasi.....	129
Tabel 6. 14 Langkah Penerapan 5S	139
Tabel 6. 15 Kondisi 5S Pada <i>Tools</i> di Perusahaan <i>Spring</i> Amatan	141
Tabel 6. 16 <i>Stratification Management (Sorting Criteria)</i>	143
Tabel 6. 17 <i>Stratification Management</i> Pada <i>Tools</i> Di Lantai Produksi.....	143

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Data <i>Complain Customer</i> tahun 2016.....	2
Gambar 1. 2 Grafik Prosentase Internal <i>Defect Leaf Spring</i> tahun 2016.....	3
Gambar 1. 3 Data Kejadian <i>Premium Freight</i> Tahun 2016	4
Gambar 2. 1 Hubungan Antar <i>Waste</i>	15
Gambar 2. 2 <i>Basic Icon</i> pada VSM.....	22
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian	29
Gambar 4. 1 <i>Multi Leaf Spring</i> (Ashvini, Ghandare, Aradhye, 2015).....	38
Gambar 4. 2 <i>Mono Leaf Spring</i> (Ashvini, Ghandare, Aradhye, 2015)	38
Gambar 4. 3 <i>Multi Leaf Spring</i> Lokal	40
Gambar 4. 4 Alur Seri dan Paralel Proses Produksi <i>Leaf Spring</i> Proses <i>Shearing</i> , <i>Heating</i> , dan <i>Pre Assembling</i>	44
Gambar 4. 5 Alur Seri dan Paralel Proses Produksi <i>Leaf Spring</i> Proses <i>Assembling</i>	45
Gambar 4. 6 Komponen <i>Multi Leaf Spring</i> Lokal	47
Gambar 4. 7 Alur Seri dan Paralel Proses Produksi <i>Multi Leaf Spring</i> Proses <i>Shearing</i> , <i>Heating</i> , dan <i>Pre Assembling</i>	49
Gambar 4. 8 Alur Seri dan Paralel Proses Produksi <i>Multi Leaf Spring</i> Proses <i>Assembling</i>	50
Gambar 4. 9 Grafik Peringkat Hasil Perhitungan <i>Waste Assessment</i>	67
Gambar 4. 10 Hubungan Antar <i>Waste</i> “Modifikasi dari Rawabdeh (2005)”	68
Gambar 5. 1 <i>Stopper</i> Mesin <i>Taper</i>	81
Gambar 5. 2 <i>Gripper Eye Forming</i> Terdeformasi	81
Gambar 5. 3 Material <i>Flat Bar</i> di Luar Area Gudang <i>Raw Material</i>	82
Gambar 5. 4 Material <i>Flat Bar</i> di Luar Area Gudang <i>Raw Material</i>	84
Gambar 5. 5 Gambar a, b, c Merupakan Tumpukan Material <i>Flat Bar</i> tak terpakai	86
Gambar 6. 1 Contoh Tanda Pada Lubang <i>Clip</i> sisi A dari <i>Center Hole</i>	105
Gambar 6. 2 Rekomendasi Alur Seri dan Paralel Proses Produksi <i>Multi Leaf</i> <i>Spring</i> Proses <i>Shearing</i> , <i>Heating</i> , dan <i>Pre Assembling</i>	116

Gambar 6. 3 Rekomendasi Alur Seri dan Paralel Proses Produksi <i>Multi Leaf</i> <i>Spring</i> Proses <i>Assembling</i>	117
Gambar 6. 4 Dimensi <i>center</i> , <i>clip</i> dan <i>silincer hole</i>	130
Gambar 6. 5 Kondisi Mesin <i>Power Press Existing</i>	131
Gambar 6. 6 Desain <i>Jig</i> Rekomendasi Mesin <i>Power Press</i>	132
Gambar 6. 7 Spesifikasi Material <i>Flat Bar</i> Proses <i>Taper</i>	133
Gambar 6. 8 Gambar (a) dan (b) Merupakan Kondisi <i>Stopper Existing</i>	133
Gambar 6. 9 Desain <i>Stopper</i> Rekomendasi	134
Gambar 6. 10 Desain <i>Red Tag</i> pada <i>Tools</i>	145
Gambar 6. 11 Contoh <i>Shadow Board</i>	146
Gambar 6. 12 Desain 3D Model Sistem Penyimpanan <i>Tools</i>	147
Gambar 6. 13 Desain Label Rak <i>Tools</i> Dan Komponen Mesin	147

BAB 1

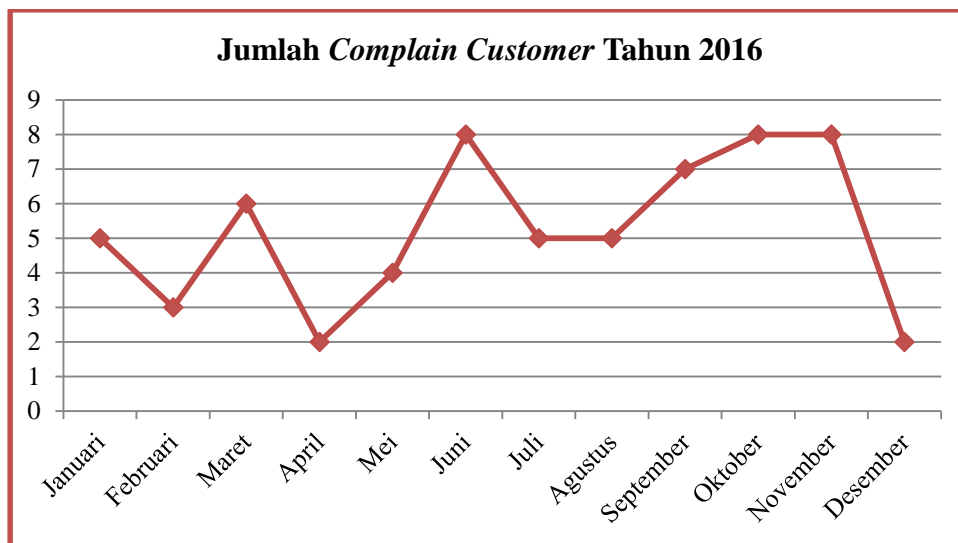
PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan latar belakang dari penelitian tugas akhir yang akan dikerjakan. Setelah penjelasan latar belakang, akan ditentukan permasalahan yang diangkat serta tujuan dan manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian tugas akhir. Dalam bab ini juga akan ditentukan batasan, asumsi dan sistematika penelitian laporan selama melakukan penelitian tugas akhir.

1.1 Latar Belakang

Industri komponen otomotif merupakan salah satu pilar penting dalam sektor manufaktur Indonesia (Gaikindo, 2017). Salah satu perusahaan komponen otomotif di Indonesia adalah *spring* atau pegas untuk kendaraan. Perusahaan ini memproduksi *spring* kendaraan, baik jenis *coil spring* maupun *leaf spring*. Perusahaan ini mampu memproduksi 108.000 ton pegas daun (*leaf spring*) per tahun, 4.800.000 buah pegas keong (*coil spring*) per tahun dengan proses panas, serta *coil spring* dingin sebesar 84.000.000 buah pegas per tahun.

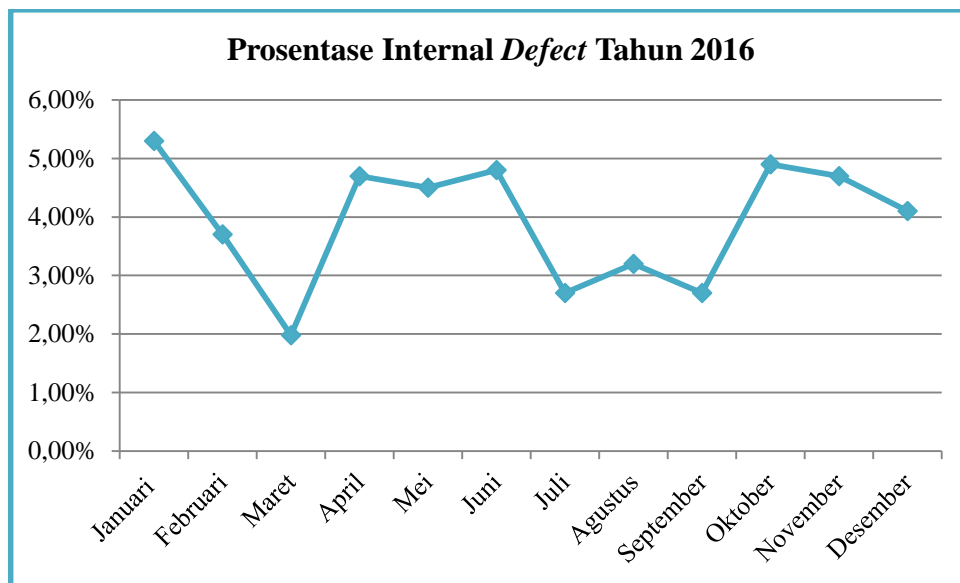
Leaf spring atau pegas daun adalah komponen otomotif kendaraan yang digunakan sebagai penerima getaran atau guncangan roda akibat dari kondisi jalan yang dilalui dengan tujuan agar getaran atau guncangan dari roda tidak menyalur ke rangka kendaraan. Pegas ini umumnya digunakan pada kendaraan berat seperti mobil, bus, dan *truck*. Dalam memproduksi *leaf spring*, salah satu perusahaan *spring* ini mengutamakan 3T, yakni tepat mutu, tepat waktu dan tepat biaya. Kepuasan pelanggan adalah kunci utama dalam menghasilkan produk dalam perusahaan *leaf spring* ini. Namun dalam praktiknya, banyak hal yang dapat mempengaruhi tujuan dalam memenuhi kepuasan pelanggan. Hal tersebut dibuktikan dengan adanya *complain* dari *customer* terhadap produk.



Gambar 1. 1 Grafik Data *Complain Customer* tahun 2016 (Perusahaan amatan, 2016)

Berdasarkan Gambar 1.1, dapat diketahui bahwa terjadi *complain* dari *customer* secara fluktuatif setiap bulannya. Hal ini tidak sejalan dengan harapan perusahaan untuk mencapai *zero claim*. Beberapa penyebab terjadinya *complain customer* antara lain terjadinya *leaf spring* patah, kode *leaf spring* tidak sesuai, *leaf spring* tidak sesuai spesifikasi, dan lain sebagainya. Adanya *complain* dari *customer* dapat menyebabkan menurunnya tingkat kepercayaan dari *customer*. Selain itu, adanya *complain* dari *customer* dapat menyebabkan timbulnya biaya tak terduga untuk melakukan *repair* atau *replacement* terhadap produk yang tidak sesuai spesifikasi, sehingga dapat menambah biaya dan waktu produksi.

Dalam memproduksi *leaf spring*, kerumitan proses dan banyaknya proses produksi kerap kali menimbulkan masalah produksi. Permasalahan tersebut antara lain adalah *defect*, *waiting*, *inventory*, dan lain-lain. Hal ini disebabkan karena banyaknya spesifikasi yang harus diperhatikan, misalnya dimensi produk, kedalaman pemotongan, kepresisian produk, dan lain-lain. Berikut ini merupakan data prosentase terjadinya *defect* pada produksi *leaf spring* pada tahun 2016.

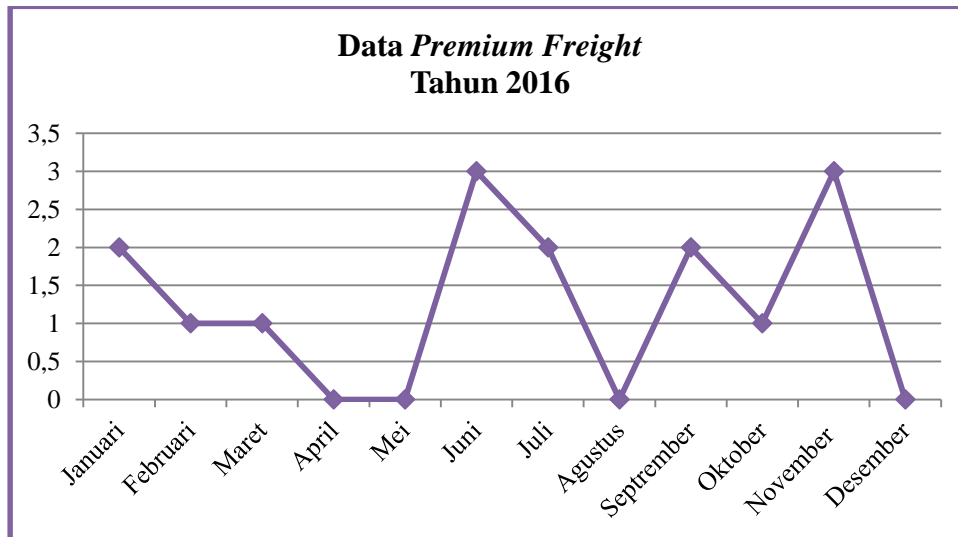


Gambar 1. 2 Grafik Prosentase *Internal Defect Leaf Spring* tahun 2016
(Perusahaan amatan, 2016)

Berdasarkan Gambar 1.2, dapat diketahui bahwa terdapat fluktuasi prosentase produk *defect* setiap bulannya. Namun yang menjadi sorotan adalah adanya *internal defect* pada beberapa bulan yang melebihi target perusahaan yakni sebesar 1,7%. *Defect* produk dapat disebabkan karena proses potong yang tidak sesuai spesifikasi sehingga material potong tidak dapat digunakan maupun diproses ulang. Salah satu cara mengolahnya adalah dengan menjualnya sebagai barang *defect* atau tak terpakai dengan harga yang lebih rendah. Ketelitian dalam pengerjaan *leaf spring* sangat diperhatikan, karena berpengaruh besar terhadap jumlah *defect* yang dihasilkan. Adanya *defect* internal yang cukup tinggi dalam proses produksi, menyebabkan produk tidak dapat dijual, hal ini dapat menyebabkan terjadinya kerugian bagi perusahaan dan meningkatkan biaya produksi.

Tidak hanya itu, permasalahan yang dapat menimbulkan tingginya biaya produksi atau menurunnya profit adalah terjadinya *premium freight* pada perusahaan. *Premium freight* adalah tambahan biaya untuk pengiriman produk dalam mencapai ketepatan waktu pengiriman kepada *customer*. Pada perusahaan ini, *premium freight* dilakukan dengan menggunakan transportasi udara. Hal ini

dapat menimbulkan tingginya biaya pengiriman yang harus ditanggung oleh perusahaan.



Gambar 1. 3 Data Kejadian *Premium Freight* Tahun 2016 (Perusahaan amatan, 2016)

Berdasarkan Gambar 1.3, jumlah kejadian *premium freight* pada tahun 2016 mengalami fluktuasi kenaikan maupun penurunan. Namun yang menjadi sorotan adalah adanya *premium freight* pada beberapa bulan yang jauh melebihi dari target perusahaan yakni *zero premium freight*. Kejadian *premium freight* ini disebabkan karena keterlambatan produksi atau produksi yang tidak tepat waktu. *Premium Freight* dianggap sebagai ketidaksesuaian dengan pedoman pengiriman yang sebenarnya, karena hal ini dapat menambah harga produk tanpa adanya peningkatan nilai produk (Bosch, 2004). Sehingga adanya *premium freight* dapat menyebabkan naiknya biaya yang ditanggung perusahaan, serta dapat menurunkan profit perusahaan.

Keterlambatan produksi dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti *waiting time*, serta kerusakan mesin produksi yang kerap kali menjadi sumber permasalahan dan menghambat proses produksi. *Waiting time* pada beberapa proses juga dapat menyebabkan tingginya *inventory* berupa *work in process* pada lantai produksi. Berdasarkan kondisi tersebut, maka perlu dilakukan identifikasi 7 *waste* yang terjadi pada proses produksi yang meliputi *defect*, *waiting*, *excessive*

inventory, overproduction, excessive transportation, motion, dan inappropriate processing (Hines & Taylor, 2000). Dengan mengidentifikasi *waste* yang terjadi, maka dapat dilakukan perbaikan untuk meminimasi terjadinya *waste*. Perbaikan dilakukan dengan cara mereduksi *waste* kritis pada proses produksi *leaf spring*. Untuk mengatasi *waste* yang terjadi pada proses produksi *leaf spring*, maka akan diusulkan implementasi *lean manufacturing*.

Lean manufacturing merupakan metode untuk mengoptimalkan performansi dari sistem dan proses produksi karena mampu mengidentifikasi, mengukur, menganalisis dan mencari solusi perbaikan atau peningkatan performansi secara komprehensif (Daonil, 2012). Pendekatan *lean* berfokus pada efisiensi tanpa mengurangi efektivitas proses seperti peningkatan operasi yang bernilai tambah, mereduksi *waste*, serta memenuhi kebutuhan *customer* (Hines & Taylor, 2000).

Dalam beberapa tahun terakhir ini, konsep *lean* sudah banyak mendapatkan respon positif dari berbagai jenis usaha, dimana tidak hanya usaha yang bergerak di bidang manufaktur saja, tetapi juga jasa dan lainnya. Dengan menerapkan konsep *lean* pada industri otomotif dapat memberikan dampak positif seperti penurunan *lead time*, mengurangi persediaan atau *inventory*, serta mengurangi terjadinya *error* dan *rework* (Melton, 2005).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, perumusan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah bagaimana meminimasi *waste* dan *lead time* pada proses produksi *leaf spring* dengan pendekatan *lean manufacturing*.

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut ini akan dijelaskan mengenai tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Memberikan gambaran umum mengenai kondisi *existing* proses produksi *leaf spring* dengan menggunakan *value stream mapping*,
2. Mengidentifikasi *waste* kritis pada proses produksi *leaf spring*,

3. Mengetahui akar permasalahan terjadinya *waste* kritis pada proses produksi *leaf spring*,
4. Memberikan rekomendasi perbaikan pada proses produksi *leaf spring*,
5. Menurunkan *lead time* proses produksi *leaf spring*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Perusahaan dapat mengetahui *waste* kritis serta akar penyebab dari *waste* kritis yang terjadi pada proses produksi *leaf spring*,
2. Perusahaan mendapatkan rekomendasi perbaikan yang diusulkan sehingga dapat meminimasi *waste* dan *lead time* serta meminimalkan terjadinya kenaikan biaya produksi pada proses produksi *leaf spring*.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dari penelitian tugas akhir ini terbagi atas batasan dan asumsi.

1.5.1 Batasan

Batasan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Produk yang dijadikan sebagai objek amatan merupakan *leaf spring* tipe *multi leaf spring* lokal,
2. Proses identifikasi dimulai dari pengaliran bahan baku hingga proses pendistribusian produk jadi ke gudang barang jadi,
3. *Waste* yang diamati merupakan 7 *waste* yang didefinisikan oleh Shigeo Shingo,
4. Penelitian ini sampai pada tahap penyusunan rekomendasi perbaikan, tidak dilakukan hingga implementasi perbaikan,
5. Batasan yang belum ditentukan akan dijelaskan pada bab selanjutnya.

1.5.2 Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Proses produksi *leaf spring* tidak berubah selama penelitian berlangsung,
2. Asumsi yang belum ditentukan akan dijelaskan pada bab selanjutnya.

1.6 Sistematika Penelitian

Penelitian laporan penelitian tugas akhir ini terdiri atas beberapa bab dimana setiap babnya akan membahas penelitian ini secara sistematis. Berikut ini adalah sistematika penelitian tugas akhir ini :

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan ini dijelaskan hal-hal yang mendasari dilakukannya penelitian ini, yaitu latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat yang diperoleh dari penelitian, ruang lingkup penelitian yang terdiri atas batasan, dan asumsi yang digunakan, serta sistematika penelitian.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan mengenai teori, konsep dan metode yang akan digunakan sebagai landasan penelitian tugas akhir. Konsep dan teori dasar disusun secara berurutan dan saling berkaitan antar suatu subbab dengan subbab yang lain untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai dasar teori penelitian. Teori, konsep dan metode yang digunakan yakni bersumber dari berbagai literatur, buku, jurnal, penelitian sebelumnya, dan lain-lain. Tinjauan pustaka yang digunakan dalam penelitian ini adalah *lean thinking*, *lean manufacturing* yang terdiri dari *waste*, tipe aktivitas dan *value stream mapping* (VSM), *value stream analysis tools* (VALSAT), konsep *waste assessment* yang terdiri dari *seven waste relationship*, *waste relationship matrix* dan *waste assessment questionnaire*, serta *root cause analysis* dan *failure mode and effect analysis*.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai langkah atau alur pengerjaan dan penggunaan metode dalam penelitian tugas akhir yang disusun secara sistematis dan saling berhubungan, sehingga penelitian tugas akhir dapat dilaksanakan secara sistematis, terstruktur dan terarah.

BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai proses pengumpulan data dan pengolahan data yang dilakukan. Terdapat beberapa langkah pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan, meliputi identifikasi proses produksi *leaf spring* serta *waste* yang terjadi, penggambaran proses produksi *leaf spring* dengan *value stream mapping* serta penggolongan tipe aktivitas produksi *leaf spring*, pencarian *waste* kritis dengan *waste assessment questionnaire*, pencarian akar penyebab *waste* kritis dengan menggunakan metode *5 Why's* dan *failure mode and effect analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi sumber atau penyebab dari suatu masalah. Selanjutnya, perancangan usulan rekomendasi perbaikan. Rekomendasi perbaikan yang diusulkan bertujuan untuk meminimasi *waste* kritis yang terjadi pada proses produksi *leaf spring*.

BAB 5 ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Pada bab ini dijelaskan mengenai analisis dari hasil pengumpulan dan pengolahan data. Analisis tersebut meliputi analisis terhadap hasil *waste* kritis yang diperoleh dan analisis akar penyebab *waste* kritis dengan menggunakan metode *5 Why's* dan *failure mode and effect analysis* (FMEA). Setelah itu dilakukan analisis mengenai usulan perbaikan yang diberikan.

BAB 6 PERANCANGAN USULAN PERBAIKAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai rancangan usulan perbaikan sesuai dengan akar penyebab *waste* kritis yang memiliki nilai RPN tertinggi, serta rancangan proses produksi perbaikan yang digambarkan melalui *future state value stream mapping*.

BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dijelaskan kesimpulan dari hasil penelitian tugas akhir yang telah dilakukan serta saran yang diberikan untuk perusahaan dan untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada tinjauan pustaka ini akan dijelaskan mengenai teori, konsep dan metode yang akan digunakan dalam penelitian tugas akhir ini. Teori ini bersumber dari berbagai literatur seperti buku, jurnal, artikel dan lain sebagainya. Tinjauan pustaka yang dilakukan adalah konsep *lean thinking*, *lean manufacturing* yang terdiri dari *waste*, tipe aktivitas dan *value stream mapping* (VSM), *value stream analysis tools* (VALSAT), konsep *waste assessment* yang terdiri dari *seven waste relationship*, *waste relationship matrix* dan *waste assessment questionnaire*, serta *root cause analysis* dan *failure mode and effect analysis*.

2.1 Konsep Lean Thinking

Lean thinking menyediakan cara untuk membuat pekerjaan lebih baik dengan memberikan *feedback* langsung pada upaya untuk mengkonversi *waste* menjadi nilai serta menyediakan cara untuk menciptakan pekerjaan baru yang lebih efisien (Womack & Jones, 2003). *Lean* merupakan sebuah metode dan juga konsep pemikiran dengan tujuan untuk memaksimalkan *customer value* dengan meminimalkan penggunaan sumber daya yang ada. Konsep “*lean*” berfokus untuk menghapuskan atau mengurangi *waste* (*muda*) dan memaksimalkan aktivitas yang bersifat *value added* dari perspektif pelanggan (pelanggan bersedia untuk membayar dalam produk atau layanan yang disediakan) (Abdullah, 2003).

Lean dapat didefinisikan sebagai suatu pendekatan untuk mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan atau *waste*, dan meningkatkan nilai tambah (*added value*) dari aktivitas dan produk melalui peningkatan terus menerus (*continuous improvement*). Womack & Jones (2003) menjelaskan bahwa penerapan filosofi konsep *lean* didasarkan pada 5 prinsip utama. Prinsip tersebut adalah :

1. Specify Value

Perusahaan harus mampu mengidentifikasi terhadap kebutuhan dan kemampuan untuk menciptakan nilai dari sudut pandang konsumen. Nilai

dapat termasuk *reliability*, *maintainability*, *availability*, fungsi, dan segala hal yang dapat mempengaruhi pelanggan untuk membeli produk/jasa. Menentukan nilai yang akurat adalah langkah pertama yang penting dalam *lean thinking* karena memberikan barang atau jasa yang salah dengan cara yang benar adalah *waste (muda)* (Womack & Jones, 2003).

2. *Identify value stream*

Mengidentifikasi seluruh proses yang dilakukan dalam memenuhi kebutuhan pelanggan. 3 hal penting dalam mengidentifikasi *value stream* adalah *problem solving*, *information management* dan *physical information* (Womack & Jones, 2003).

3. *Flow*

Setelah nilai telah ditentukan, *value stream* untuk produk tertentu dipetakan oleh perusahaan, dan langkah-langkah yang teridentifikasi dalam *waste* dihilangkan. Menjelaskan aliran konsep untuk menghasilkan produk yang dibutuhkan dan dapat berjalan dengan lancar dari suatu proses menuju proses yang lainnya tanpa ada hambatan atau gangguan. Penggambaran *flow* dari aktivitas penciptaan nilai dilakukan pada produk yang spesifik (Womack & Jones, 2003).

4. *Pull*

Berfokus pada kebutuhan konsumen dimana perusahaan hanya menghasilkan produk sesuai dengan kebutuhan konsumen pada waktu yang tepat, jumlah yang tepat, dan kualitas yang tepat. Dengan kata lain menyediakan produk atau jasa ketika pelanggan membutuhkannya, tidak lebih awal atau lebih akhir sehingga dapat menghindari menghasilkan produk yang tidak dibutuhkan pelanggan (Womack & Jones, 2003).

5. *Perfection*

Merupakan suatu sikap atau budaya kerja untuk selalu berusaha mencapai kesempurnaan dengan menghilangkan atau meminimasi *waste* secara berkelanjutan dengan meminimasi usaha, waktu, ruang, dan kesalahan (Womack & Jones, 2003). *Continuous improvement* diperlukan untuk mengurangi kegiatan *non value added*, meningkatkan aliran dan memenuhi kebutuhan pelanggan.

2.2 *Lean Manufacturing*

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai definisi *lean manufacturing*, *waste* dan tipe aktivitas.

2.2.1 *Definisi Lean manufacturing*

Lean manufacturing merupakan konsep dari *Toyota Production System* untuk meningkatkan nilai tambah serta menghilangkan atau mengurangi *waste* dan mengurangi pekerjaan yang tidak perlu atau tidak bernilai tambah, dengan biaya yang lebih rendah, kualitas yang lebih tinggi dan *lead time* yang lebih pendek. *Lean Manufacturing* harus dipahami pada tiga tingkat yang berbeda, terdapat filosofi, yang mendorong tujuan dan budaya *lean* seperti aspek-aspek dasar dari kontrol kualitas yang dibangun, strategi, taktik, serta *skill* yang digunakan dalam pengendalian kualitas (Wilson, 2010).

Lean manufacturing merupakan implementasi *lean* di dalam bidang manufaktur. Fokus utama dari *lean manufacturing* adalah menghindari kegiatan yang dapat menimbulkan *waste*, *delay*, dan persediaan yang dapat mengkonsumsi sumber daya tetapi tidak menambah nilai pelanggan (Ruffa, 2008). Penerapan *lean manufacturing* diharapkan mampu menghasilkan nilai tambah bagi produk yang menghasilkan nilai bagi konsumen (*customer value*). Sehingga produsen diharapkan dapat memperkecil *gap* antara sesuatu yang diinginkan oleh konsumen dengan apa yang dihasilkan oleh produsen.

Karakteristik dari *lean manufacturing* adalah rantai produksi yang aktif melakukan pemecahan masalah dengan menerapkan *kaizen* dan *continuous improvement*, serta pelaksanaan *lean manufacturing* melalui tingkat *inventory* yang rendah, mengutamakan usaha preventif dibandingkan *corrective*, penggunaan sumber daya sedikit serta penerapan konsep *just in time*.

2.2.2 *Waste*

Prinsip utama dari pendekatan *lean* adalah pengurangan atau eliminasi *waste*. Menurut Hines, et al (2008), *waste* adalah *non-value adding activities* dalam sudut pandang pelanggan. Terdapat 7 tipe *waste* yang di identifikasikan oleh Shigeo shingo (Hines & Taylor, 2000) yaitu :

1. *Over Production*

Kegiatan produksi yang terlalu banyak atau terlalu cepat dapat menyebabkan terganggunya aliran informasi atau barang dan *inventory* yang berlebih (Hines & Taylor, 2000). *Over Production* ini cenderung menimbulkan *lead time* dan *storage* yang berlebih, serta menimbulkan persediaan *work in process* yang berlebih dimana berakibat tidak teralokasinya operasi secara fisik dengan konsekuensi terjadinya komunikasi yang lebih buruk (Hines & Rich, 1997).

2. *Defect*

Waste berupa *error* yang terjadi pada proses pengerjaan, permasalahan pada kualitas produk, atau rendahnya performansi dari pengiriman (Hines & Taylor, 2000). *Waste* berupa *defect* muncul akibat ketidaksesuaian antara produk dengan spesifikasi yang diinginkan. *Waste defect* ini dapat diakibatkan karena kesalahan dalam menginterpretasikan kebutuhan konsumen, ketidaksesuaian proses dengan standar yang ditentukan, dan sebagainya. Sehingga dapat menyebabkan proses *rework*, *excessive processing*, dan meningkatkan biaya produksi.

3. *Unnecessary Inventory*

Waste berupa penyimpanan dan penundaan yang berlebihan dari informasi atau produk sehingga dapat menimbulkan peningkatan biaya dan penurunan *customer service* (Hines & Taylor, 2000). *Unnecessary Inventory* pada umumnya dapat meningkatkan *lead time*, menghalangi identifikasi permasalahan secara cepat, dan menambah kebutuhan akan *space*, sehingga bisa mengurangi proses komunikasi didalamnya. *Waste* ini dapat disebabkan karena persediaan material terlalu banyak, WIP terlalu banyak, dan lain-lain.

4. *Inappropriate Processing*

Waste yang disebabkan oleh proses kerja yang dilaksanakan dengan menggunakan peralatan, prosedur atau sistem yang tidak sesuai dengan pendekatan yang lebih simpel dan lebih efektif (Hines & Taylor, 2000). *Waste* ini dapat pula terjadi akibat penggunaan metode atau urutan kerja yang tidak tepat, proses yang belum terstandar, *product defect* yang tinggi, dan variasi metode yang dilakukan operator.

5. *Excessive Transportation*

Waste yang berupa perpindahan yang berlebihan dari manusia, informasi atau barang yang mengakibatkan pemborosan waktu, usaha dan biaya (Hines & Taylor 2000). Salah satu penyebab dari transportasi yang berlebih adalah *layout* pabrik yang kurang tepat.

6. *Waiting / Idle*

Waste yang berupa kondisi tidak aktifnya manusia, informasi, atau barang dalam periode yang lama sehingga menyebabkan aliran terganggu dan panjangnya *lead time* (Hines & Taylor, 2000). *Waiting* dapat disebabkan karena menunggu proses selanjutnya. Selang waktu ketika pekerja tidak menggunakan waktu untuk melakukan *value added activity* dikarenakan proses yang sebelumnya belum selesai. Hal ini disebabkan oleh metode kerja yang tidak konsisten, *bottleneck* pada mesin dan perbedaan laju kerja antar mesin, dan lain sebagainya.

7. *Unnecessary Motion*

Waste yang berupa buruknya kondisi tempat kerja dalam organisasi sehingga menyebabkan rendahnya tingkat ergonomis, seperti pergerakan *bending* dan *stretching* yang berlebihan dan sering terjadinya kehilangan item tertentu (Hines & Taylor, 2000). *Waste* ini dapat disebabkan karena *layout* produksi tidak didesain dengan baik, penempatan *equipment* berada jauh dari jangkauan operator, tidak adanya standarisasi kerja, dan lain lain. *Unnecessary motion* yang berlebih dapat menyebabkan rendahnya produktivitas dan seringkali menimbulkan permasalahan kualitas (Hines & Rich, 1997).

2.2.3 *Tipe Aktivitas*

Dalam proses produksi, terdapat aktivitas yang diperlukan untuk menghasilkan produk. Ketika berpikir tentang *waste*, aktivitas yang ada pada perusahaan terbagi menjadi 3 tipe (Hines & Taylor, 2000). Tipe aktivitas tersebut antara lain :

1. *Value Added Activity (VA)*

Aktivitas yang dalam perspektif *customer* menjadikan produk atau jasa yang dihasilkan lebih bernilai (Hines & Taylor, 2000). Sehingga segala aktivitas

dalam menghasilkan produk yang mampu memberikan nilai tambah, dapat dikategorikan sebagai *Value added activity*.

2. *Non Value Added Activity* (NVA)

Aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah dari sudut pandang *customer* dan tidak dibutuhkan dalam suatu proses produksi. Aktivitas ini merupakan *waste* dan harus dikurangi atau dihilangkan untuk meningkatkan produktivitas kerja (Hines & Taylor, 2000).

3. *Necessary but Non Value Added Activity* (NVVA)

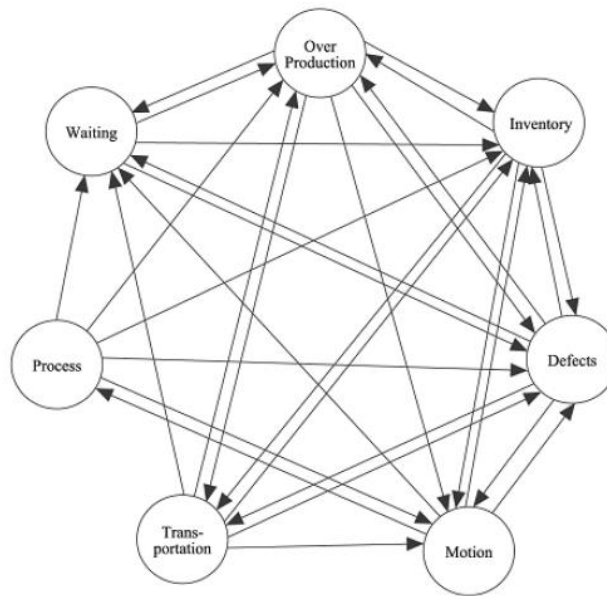
Aktivitas yang diminta *customer* tidak membuat suatu produk atau jasa lebih bernilai, namun aktivitas ini diperlukan karena jika tidak dilakukan maka proses produksi akan terganggu (Hines & Taylor, 2000). Contoh dari aktivitas ini adalah proses inspeksi produk, dan pengawasan terhadap pekerja.

2.3 Konsep *Waste Assessment*

Waste assessment model merupakan suatu model yang dikembangkan untuk menyederhanakan pencarian dari permasalahan *waste* untuk mengidentifikasi dalam mengeliminasi *waste* (Rawabdeh, 2005). Model ini menggambarkan hubungan antar *seven waste* yakni *over production*, *over processing*, *inventory*, *transportation*, *defects*, *waiting* dan *motion*. *Waste matrix* digunakan untuk mengukur hubungan diantara *waste* dalam bentuk prosentase dan menunjukkan suatu kemungkinan bahwa satu jenis *waste* tertentu akan mempengaruhi atau dipengaruhi oleh *waste* yang lain.

2.3.1 *Seven Waste Relationship*

Semua jenis *waste* bersifat *interdependents*, dan berpengaruh terhadap jenis lain. Gambar 2.1 menunjukkan pengaruh antar *waste*.



Gambar 2. 1 Hubungan Antar *Waste* (Rawabdeh, 2005)

Hubungan antar *waste* memang sangat kompleks, hal ini disebabkan pengaruh dari tiap *waste* dapat muncul secara langsung maupun tidak langsung. Hubungan antar jenis *waste* memiliki bobot yang berbeda (Rawabdeh, 2005). Oleh sebab itu dibutuhkan penilain untuk mengetahui bobot dari tiap pola hubungan yang terjadi diantara *waste* tersebut.

Untuk menghitung kekuatan dari *waste relationship*, dikembangkanlah suatu kriteria pengukuran berdasarkan pada kuesioner. Perhitungan keterkaitan antar *waste* dilakukan secara diskusi dengan pihak perusahaan dan penyebaran kuesioner dengan menggunakan kriteria pembobotan yang dikembangkan oleh Rawabdeh (2005). Berikut ini daftar kriteria keterkaitan anatar *waste* :

Tabel 2. 1 Kriteria Untuk Pembobotan Kekuatan *Waste Relationship*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah i mengakibatkan atau menghasilkan j	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2	Bagaimanakah hubungan antara i dan j	a. Jika i naik, maka j naik	2
		b. Jika i naik, maka j tetap	1

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak j dikarenakan i	a. Tampak secara langsung & jelas	4
		b. Butuh waktu untuk terlihat	2
		c. Tidak terlihat	0
4	Menghilangkan akibat i terhadap j dapat dicapai dengan cara	a. Metode <i>engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi instruksional	0
5	Dampak j dikarenakan oleh i berpengaruh kepada	a. Kualitas produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktivitas dan <i>lead time</i>	2
		g. Kualitas, produktivitas, dan <i>lead time</i>	4
6	Sebesar apa dampak I terhadap j akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

Sumber : Rawabdeh, 2005

Dari enam pertanyaan di atas akan diajukan untuk masing-masing hubungan antar *waste* sehingga total terdapat 186 pertanyaan (31 hubungan x 6 pertanyaan). Total skor yang diperoleh dari enam pertanyaan untuk masing-masing hubungan antar *waste* digunakan untuk mendapatkan nilai total tiap hubungan. Nilai total tersebut kemudian dikonversi menjadi simbol kekuatan hubungan (A,I,U,E,O, dan X) dengan mengikuti aturan konversi yang ditampilkan dalam Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2. 2 Konversi Rentang Skor Keterkaitan Antar *Waste*

Range	Jenis Hubungan	Simbol
17-20	<i>Absolutely necessary</i>	A
13-16	<i>Especially Important</i>	E
9-12	<i>Important</i>	I
5-8	<i>Ordinary Closeness</i>	O

Range	Jenis Hubungan	Simbol
1- 4	<i>Unimportant</i>	U
0	<i>No relation</i>	X

Sumber: Rawabdeh, 2005

2.3. 2 Waste Relationship Matrix

Waste relationship matrix merupakan analisis kriteria pengukuran menggunakan suatu *matrix*. Tiap baris dari *matrix* menunjukkan hubungan dari suatu *waste* tertentu terhadap enam *waste* lainnya. Demikian pula tiap kolom menunjukkan seberapa tingkat tipe *waste* tertentu akan mempengaruhi *waste* lainnya (Rawabdeh, 2005). Simbol dalam *matrix* diperoleh dari konversi simbol *waste relationship* di atas. Berikut ini merupakan contoh *waste relationship matrix*, pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Contoh *Waste Relationship Matrix*

F/T	O	I	D	M	T	P	W
O	A	E	I	I	E	X	I
I	E	A	I	E	E	X	X
D	I	I	A	I	E	X	E
M	X	O	O	A	E	I	O
T	O	O	O	I	A	X	O
P	O	O	E	I	X	A	I
W	O	O	I	X	X	X	A

Sumber: Rawabdeh, 2005

Berdasarkan pada Tabel 2.3 di atas, diagonal dari *matrix* memiliki nilai *relationship* tertinggi yakni A, dimana artinya adalah setiap jenis *waste* akan memiliki hubungan pokok dengan *waste* itu sendiri. Simbol *matrix* tersebut kemudian digunakan untuk menghitung tingkat pengaruh dari masing-masing jenis *waste* ke jenis *waste* lainnya dengan nilai konversi A = 10, E = 8, I = 6, O = 4, U = 2 dan X = 0. Hasil perhitungan ini nantinya akan dijumlahkan dan diketahui nilai tingkat pengaruhnya yang ditulis dalam satuan persen (%). Berikut ini merupakan contoh *waste matrix value*, pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Contoh *Waste Matrix Value*

F/T	O	I	D	M	T	P	W	SKOR (%)
O	10	8	6	6	8	0	6	17.6
I	8	10	6	8	8	0	0	16.0
D	6	6	10	6	8	0	8	17.6
M	0	4	4	10	0	6	4	11.2
T	4	4	4	6	10	0	4	12.8
P	4	4	8	6	0	10	6	15.2
W	4	4	6	0	0	0	10	9.6
SKOR (%)	14.4	16	17.6	16.8	13.6	6.4	15.2	100

Sumber: Rawabdeh, 2005

2.3.3 *Waste Assessment Questionnaire*

Waste assessment questionnaire dikembangkan untuk mengalokasikan *waste* yang terjadi pada lini produksi (Rawabdeh, 2005). Kuisisioner *assessment* ini terdiri dari 68 pertanyaan yang berbeda, dimana kuisisioner ini bertujuan untuk menentukan *waste*. Setiap pertanyaan kuisisioner merepresentasikan suatu aktivitas, kondisi atau sifat yang dapat menimbulkan suatu jenis *waste* tertentu. Pertanyaan dalam kuisisioner tersebut dikategorikan kedalam empat kelompok yaitu *man*, *machine*, *material* dan *method*.

Beberapa pertanyaan ditandai dengan tulisan “*From*”, maksudnya adalah pertanyaan tersebut menjelaskan jenis *waste* yang ada saat ini yang dapat memicu munculnya jenis *waste* lainnya berdasarkan WRM. Pertanyaan lainnya ditandai dengan tulisan “*To*”, yang artinya pertanyaan tersebut menjelaskan tiap jenis *waste* yang ada saat ini bisa terjadi karena dipengaruhi jenis *waste* lainnya. Tiap pertanyaan memiliki 3 pilihan jawaban dan masing-masing jawaban diberi bobot 1, 0.5, atau 0 (Rawabdeh, 2005). Tiap pertanyaan dikelompokkan menjadi beberapa tipe dengan derajat yang sama berdasarkan jawabannya untuk mengembangkan model kuisisioner penilaian *waste*. Nilai akhir dari *waste* tergantung pada kombinasi jawaban. Dimana hasil kuisisioner ini nantinya akan diproses dengan suatu algoritma yang terdiri dari beberapa langkah yang telah dikembangkan untuk menilai dan merangking *waste* yang ada.

Berikut ini merupakan langkah-langkah untuk menghitung skor *waste* untuk mencapai hasil akhir berupa *ranking* dari *waste* (Rawabdeh, 2005).

1. Menghitung jumlah pertanyaan kuisioner yang tergolong dalam pertanyaan “*from*” dan “*to*” dari masing-masing jenis *waste*
2. Memasukkan bobot dari tiap pertanyaan berdasarkan *waste relationship matrix* untuk dikonversikan kedalam *waste matrix value*
3. Membagi tiap bobot dalam satu baris dengan jumlah pertanyaan yang dikelompokkan (N_i) untuk menghilangkan efek dari variasi jumlah pertanyaan setiap jenis pertanyaan. Seperti pada tabel dibawah ini

Tabel 2. 5 Bobot Awal Yang Diperoleh Dari WRM

<i>Question Type</i>	<i>Question Number</i>	O	I	D	M	T	P	W
<i>To Motion</i>	1							
<i>From Motion</i>	2							
<i>From Defect</i>	3							
<i>From Motion</i>	4							

4. Menghitung jumlah skor setiap jenis *waste*, dan frekuensi (F_j) munculnya nilai pada tiap kolom *waste* dengan mengabaikan nilai nol.

$$S_j = \sum_{k=1}^K \frac{W_{j,k}}{N_i}; \text{ Untuk tiap tipe waste } j \dots\dots\dots (2.1)$$

S_j adalah total skor *waste*, dan K adalah *range* angka mulai 1 sampai 68.

5. Memasukkan nilai dari hasil kuisioner (1, 0.5, atau 0) kedalam tiap bobot nilai di tabel dengan cara mengalikannya.
6. Menghitung total skor untuk tiap nilai bobot pada kolom *waste* dan frekuensi (f_j) untuk nilai bobot pada kolom *waste* dengan mengabaikan nilai nol.

Dengan persamaan :

$$S_j = \sum_{k=1}^K X_k \times \frac{W_{j,k}}{N_i}; \text{ untuk tiap tipe waste } j \dots\dots\dots (2.2)$$

S_j adalah total untuk nilai bobot *waste*, dan X_k adalah nilai dari jawaban tiap pertanyaan kuisioner (1, 0.5, atau 0)

7. Menghitung indikator awal untuk tiap *waste* (Y_j). Indikator berupa angka yang masih belum merepresentasikan bahwa tiap jenis *waste* dipengaruhi *waste* yang lainnya
8. Menghitung nilai *final waste factor* ($Y_j \text{ final}$) dengan memasukkan faktor probabilitas pengaruh antar jenis *waste* (P_j) berdasarkan total “*from*” dan “*to*” pada WRM. Kemudian mempersentasekan bentuk *final waste factor* yang diperoleh sehingga bisa diketahui peringkat level dari masing-masing *waste*.

$$Y_j \text{ final} = Y_j \times P_j = \frac{s_j}{S_j} \times \frac{f_j}{F_j} \times P_j ; \text{ untuk tiap tipe waste } j \dots \dots \dots (2.3)$$

2.4 Value Stream Mapping (VSM)

Womack & Jones (2002) menyebutkan bahwa VSM merupakan proses pemetaan secara visual aliran informasi dan material yang bertujuan untuk menyiapkan metode dan *performance* yang lebih baik dalam usulan *future state map*. Sehingga informasi mengenai aliran informasi dan fisik dalam sistem dapat diketahui dengan menggunakan metode ini. *Tools* ini digunakan untuk mengidentifikasi aktivitas yang *value added* dan *non-value added* pada industri manufaktur, sehingga mempermudah untuk mencari akar permasalahan pada proses.

Menurut Liker and Meier (2006), *value stream mapping* adalah alat teknis untuk merancang sistem *lean* serta membuat gambar yang menekankan terjadinya *waste*, dengan adanya VSM dapat membantu melihat rantai terkait proses. VSM mampu membantu dalam visualisasi proses produksi dengan melihat *flow* atau aliran proses serta membantu untuk mengidentifikasi *waste* dan sumber dari *waste* melalui *value stream* (Rother and Shook, 2009). *Tool* ini mampu menunjukkan *error* dalam suatu gambaran pada *current state system* dan digunakan untuk membuat kondisi yang ideal pada *future state system*.

Value stream mapping terdiri dari 2 tipe (Nash and Poling, 2008), yaitu :

1. Current state map

Merupakan konfigurasi *value stream* produk saat ini (kondisi *existing*), menggunakan simbol dan terminologi spesifik untuk mengidentifikasi *waste* dan area untuk perbaikan atau peningkatan (*improvement*).

2. *Future state map*

Merupakan konfigurasi *value stream* untuk transformasi *lean* yang diinginkan di masa yang akan datang setelah perbaikan telah dibuat.

Menurut Abdullah, (2003), Terdapat 5 langkah dalam VSM yaitu :

1. Identifikasi produk *family*,

Tujuan dari identifikasi ini adalah agar proses *mapping* fokus pada produk yang memiliki proses yang kurang bagus dan menyederhanakannya sehingga usaha untuk proses mengumpulkan data lebih mudah dan cepat, karena untuk menggambarkan semua aliran produk terlalu rumit, sehingga perlu digolongkan kedalam produk-produk *family*nya (Abdullah, 2003).

2. Pembuatan *current state* VSM,

Setelah produk ditetapkan, selanjutnya dilakukan pembuatan *current state* VSM berdasarkan kondisi *existing* perusahaan (Abdullah, 2003). *Current state* VSM dapat dimulai dari pesanan konsumen, proses operasi perusahaan, hingga produk sampai di tangan konsumen. Segala aliran material dan informasi dipetakan dalam peta ini.

3. Mengidentifikasi permasalahan dalam aliran VSM,

Pada tahap ini dilakukan analisa pada aktivitas yang ada (Abdullah, 2003). Aktivitas tersebut terbagi menjadi 3 yaitu *value added activity*, *necessary but non-value added activity*, dan *non-value added activity*. Sehingga dapat diketahui proses yang tidak memberikan nilai tambah.

4. Pembuatan *future state* VSM,

Untuk menjawab permasalahan pada kondisi *existing*, maka dilakukan perbaikan secara komprehensif (Abdullah, 2003). Kemudian divisualkan dengan *future state* VSM.

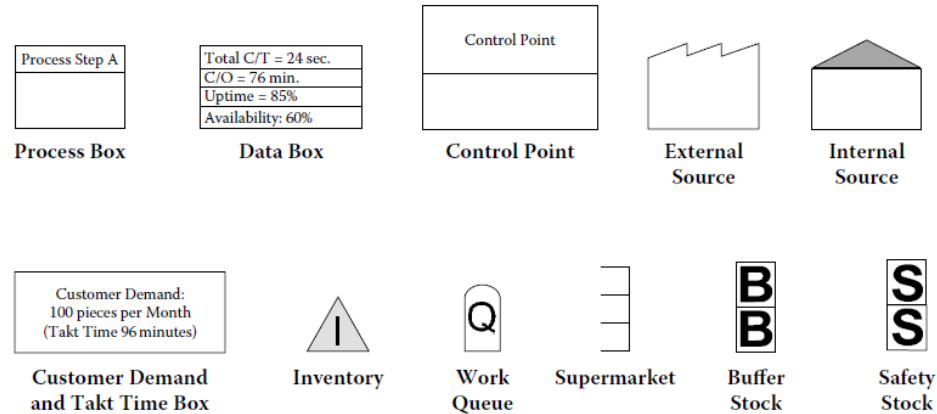
5. Implementasi rencana akhir

Dilakukan implementasi dari rencana perbaikan kondisi perusahaan untuk menciptakan proses yang lebih efektif dan efisien (Abdullah, 2003).

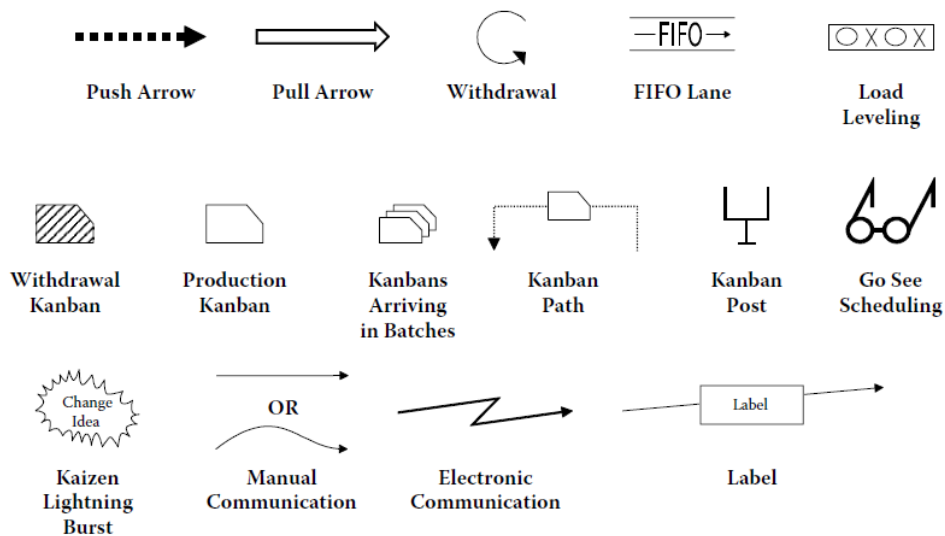
Dasar *icon* yang digunakan pada VSM dikombinasikan dengan *icon* pada *flowchart* dan bentuk unik untuk memvisualisasikan berbagai tugas dan fungsi

dalam sebuah *map* (Nash and Poling, 2008). Berikut ini merupakan *icon* pada VSM :

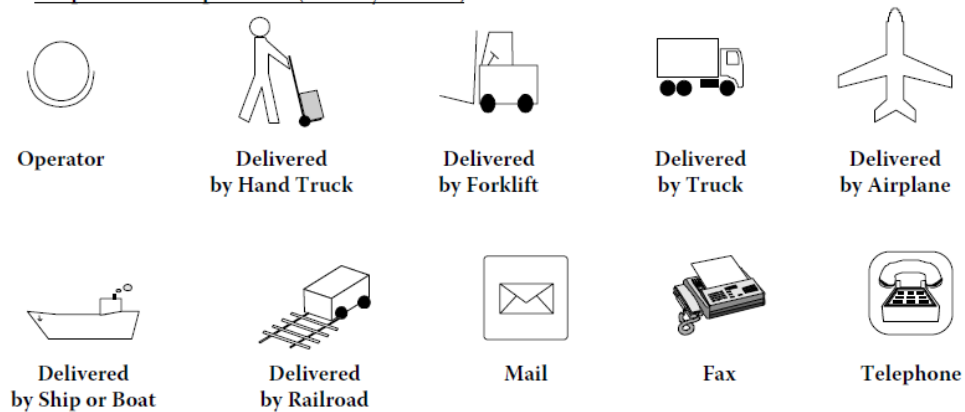
Process, Entities, Inventory, and Data



Flow, Communication, Signals, and Labels



People and Transportation (delivery method)



Gambar 2. 2 *Basic Icon* pada VSM (Nash & Poling, 2008)

2.5 Value Stream Analysis Tools (VALSAT)

Value stream analysis tools digunakan sebagai alat bantu untuk memetakan secara detail aliran nilai (*value stream*) yang berfokus pada *value adding process*. *Detail mapping* ini dapat digunakan untuk menemukan penyebab *waste* yang terjadi (Hines & Rich, 1997). VALSAT merupakan *tools* yang dikembangkan untuk mempermudah pemahaman terhadap *value stream* yang ada dan membantu dalam merancang perbaikan terkait dengan *waste* yang terdapat pada *value stream* tersebut.

Terdapat 7 macam *mapping tools* yang dapat digunakan (Hines & Rich, 1997) :

1. Process Activity Mapping

Process Activity Mapping merupakan *tool* yang digunakan untuk merekam seluruh aktivitas dari suatu proses dan berusaha untuk mengurangi aktivitas yang kurang penting, menyederhanakan, sehingga dapat mengurangi *waste* yang terjadi (Rian & Singgih, 2012). Dalam *tools* ini, aktivitas diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori, yakni *operation*, *transport*, *inspection*, dan *storage* (Hines & Taylor, 2000). Konsep dasar *process activity mapping* adalah memetakan setiap tahap aktivitas yang terjadi, mulai dari operasi, transportasi, inspeksi, *delay* dan *storage*, kemudian mengelompokkannya ke dalam tipe-tipe aktivitas yang ada mulai dari *value adding activities* (VA), *necessary but non-value adding activities* (NNVA), dan *non-value adding activities* (NVA) (Daonil, 2012).

2. Supply Chain Response Matrix

Grafik yang menggambarkan hubungan antara *inventory* dengan *lead time* pada jalur distribusi, sehingga dapat diketahui adanya peningkatan maupun penurunan tingkat persediaan dan waktu distribusi pada setiap area dalam *supply chain*. Dari fungsi yang diberikan, dapat memberikan pertimbangan bagi manajemen untuk meramalkan kebutuhan *stock* apabila dikaitkan dengan *lead time* yang pendek. Tujuannya adalah untuk memperbaiki dan mempertahankan tingkat pelayanan pada setiap jalur distribusi dengan biaya rendah.

3. *Production Variety Funnel*

Teknik pemetaan visual yakni memetakan jumlah variasi produk pada setiap tahapan proses manufaktur (Hines & Taylor, 2000). *Tools* ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi titik dimana sebuah produk *generic* diproses menjadi beberapa produk yang spesifik (Hines & Taylor, 2000). *Tools* ini juga dapat digunakan untuk menunjukkan area *bottleneck* pada desain proses, serta dapat digunakan untuk merencanakan perbaikan kebijakan *inventory* baik dalam bentuk bahan baku, produk setengah jadi maupun produk jadi).

4. *Quality Filter Mapping*

Tool ini digunakan untuk mengidentifikasi letak permasalahan cacat kualitas pada rantai *supply* yang ada (Hines & Rich, 1997). *Tools* ini mampu menggambarkan 3 tipe cacat kualitas yang berbeda (Hines & Rich, 1997), yaitu sebagai berikut :

- Produk *defect* : cacat pada produk jadi, cacat ini lolos pada *customer* karena tidak berhasil diseleksi pada saat proses inspeksi.
- *Internal scrap*: biasanya disebut sebagai *internal defect*, cacat ini masih berada dalam internal perusahaan dan berhasil terdeteksi pada saat proses inspeksi.
- *Service defect* : berhubungan dengan permasalahan yang dirasakan *customer* berkaitan dengan cacat kualitas pelayanan seperti ketidaktepatan waktu pengiriman. Selain itu dapat disebabkan karena permasalahan dokumentasi, kesalahan proses *packing* maupun *labeling*, kesalahan jumlah (*quantity*), dan permasalahan faktur.

5. *Demand Amplification Mapping*

Peta yang digunakan untuk memvisualisasikan perubahan *demand* disepanjang rantai *supply*, membantu dalam menganalisis variabilitas permintaan. *Tools* ini dapat digunakan dalam pengambilan keputusan dan analisis lebih lanjut untuk mengantisipasi adanya perubahan permintaan, *manage* fluktuasi permintaan serta untuk mengevaluasi kebijakan *inventory*.

6. *Decision Point Analysis*

Menunjukkan berbagai pilihan pada sistem produksi yang berbeda dengan *trade off* antara *lead time* masing-masing pilihan dengan tingkat *inventory* yang diperlukan untuk meng-cover selama proses *lead time*.

7. *Physical Structure Mapping*

Tool yang digunakan untuk memahami kondisi rantai pasokan di lantai produksi. *Tool* ini diperlukan untuk memahami kondisi industri, bagaimana operasinya, dan dalam mengarahkan perhatian pada area yang mungkin belum mendapatkan perhatian yang cukup untuk pengembangan. Sehingga dapat diketahui area yang memerlukan perbaikan.

Pemakaian dari 7 *tools* di atas didasarkan pada pemilihan *tool* yang tepat berdasarkan kondisi perusahaan. Sehingga agar memudahkan, maka dapat dilakukan berdasarkan sistem pembobotan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.6 di bawah ini.

Tabel 2. 6 Matrik Seleksi 7 VALSAT

<i>Waste/ Structure</i>	<i>Process activity mapping</i>	<i>Supply chain response matrix</i>	<i>Production Variety Funnel</i>	<i>Quality Filter Mapping</i>	<i>Demand Amplification Mapping</i>	<i>Decision Point Analysis</i>	<i>Physical Structure (a)Volume (b) Value</i>
<i>Overproduction</i>	L	M		L	M	M	
<i>Waiting</i>	H	H	L		M	M	
<i>Transport</i>	H						L
<i>Inappropriate Processing</i>	H		M	L		L	
<i>Unnecessary Inventory</i>	M	H	M		H	M	L
<i>Unnecessary Motion</i>	H	L					
<i>Defect</i>	L			H			
<i>Overall Structure</i>	L	L	M	L	H	M	H

Sumber : Hines & Rich, 1997

Catatan :

H : *High correlation and usefulness* (Faktor pengali = 9)

M : *Medium correlation and usefulness* (Faktor pengali = 3)

L : *Low correlation and usefulness* (Faktor pengali = 1)

2.6 *Root Cause Analysis (RCA)*

Root cause analysis merupakan *tools* yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah atau untuk mengidentifikasi peluang peningkatan dengan cara mencari akar permasalahan (Barsalau, 2015) . Tujuan dari penggunaan RCA adalah untuk mengetahui akar penyebab masalah atau kejadian dengan mengidentifikasi akar-akar penyebab masalah tersebut. RCA dapat membantu perusahaan untuk mengidentifikasi apa (*what*), bagaimana (*how*) dan mengapa (*why*) suatu masalah bisa terjadi serta mencegah masalah tersebut datang kembali (Rooney, James dan Heuvel, 2004).

Menurut Rooney, James dan Heuvel (2004), berikut ini merupakan langkah-langkah dalam menyusun RCA :

1. *Data collection*

Pengumpulan data merupakan langkah pertama sebelum melakukan analisa. Informasi yang lengkap dan pemahaman terhadap suatu kejadian merupakan hal penting untuk mengetahui faktor dan akar penyebab yang berhubungan dengan kejadian.

2. *Causal factor charting*

Mendeskripsikan permasalahan dan penyebab terjadinya permasalahan, serta kondisi yang dapat mempengaruhinya dengan menggambar *sequence diagram* sederhana.

3. *Root cause identification*

Mengidentifikasi akar penyebab permasalahan. Langkah ini menggunakan diagram keputusan untuk mengidentifikasi alasan yang mendasari atau alasan pada tiap faktor penyebab.

4. *Recommendation generation and implementation*

Menyusun rekomendasi berdasarkan tiap akar penyebab permasalahan pada tiap faktor penyebab untuk mencegah permasalahan muncul kembali di masa mendatang.

Beberapa *tools* RCA antara lain adalah *Cause and Effect Diagram* (CED), *Interrelationship Diagram* (ID), *Current Reality Tree* (CRT), dan *5 Why's*. *5 Why's* merupakan salah satu *tools* RCA yang diterapkan pada *Toyota Production*

System sejak tahun 1970-an. Metode ini dilakukan dengan mengulang-ulang pertanyaan “mengapa”, sampai ditemukan akar penyebab masalah yang dapat diperbaiki. Menurut Ohno (1988) dalam Barsalau (2015), metode 5 *why* digunakan untuk menggali suatu kejadian sampai pada akar penyebabnya. Akar penyebabnya dapat ditempuh dengan bertanya mengapa terus menerus, atau proses dapat dipisah ketika kejadian bisa memiliki beberapa penyebab. Menurut Barsalau (2015), 3 poin utama dari 5 *why's* adalah :

1. Metode 5 *why's* dapat digunakan untuk mencari akar penyebab sebenarnya dari suatu kejadian,
2. Metode ini dapat digunakan untuk mendukung metode lain, yang lebih kuantitatif,
3. Dapat digunakan untuk mendeteksi kejadian dan kegagalan.

Mekanisme yang diterapkan pada *tool 5 why's* adalah melakukan identifikasi akar penyebab permasalahan yang terbagi atas 5 kelas. Menurut Wedgwood (2006), adapun klasifikasi kelas penyebab permasalahan adalah sebagai berikut :

1. *Why ke-1 : Symptom*
2. *Why ke-2 : Excuse*
3. *Why ke-3 : Blame*
4. *Why ke-4 : Cause*
5. *Why ke-5 : Root Cause*

2.7 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA merupakan sebuah metode untuk mengidentifikasi sumber-sumber atau penyebab dari suatu masalah kualitas. Metode ini bertujuan untuk mengklasifikasikan seluruh potensi kegagalan berdasarkan dampak yang diukur dalam hal *severity*, *occurrence* dan *detection*. Menurut Dyadem Engineering Corporation (2003), Metodologi FMEA adalah proses yang sistematis untuk mengidentifikasi potensi kegagalan, mengidentifikasi kemungkinan yang dapat menyebabkan kegagalan sehingga penyebab dapat dihilangkan, serta untuk menemukan dampak kegagalan sehingga dampak dapat dikurangi.

Proses FMEA memiliki tiga fokus utama (Dyadem Engineering Corporation, 2003):

1. Mengevaluasi potensi kegagalan dan efeknya,
2. Mengidentifikasi dan memprioritaskan tindakan yang dapat menghilangkan potensi kegagalan, mengurangi kemungkinan terjadinya kegagalan atau mengurangi risikonya,
3. Mendokumentasikan hasil identifikasi dari evaluasi dan aktivitas perbaikan sehingga kualitas produk dapat meningkat dari waktu ke waktu.

Dalam penelitian tugas akhir ini, pendekatan FMEA yang digunakan adalah hanya mengadopsi metode perhitungan nilai RPN yang digunakan untuk mencari akar penyebab *waste* kritis yang memiliki nilai RPN paling tinggi. Menurut Alridge dan Dale (2003) RPN ditentukan dengan memperhatikan tiga hal penting, yaitu *ocurance*, *detection*, dan *severity*.

1. *Occurrence* adalah frekuensi terjadinya suatu kegagalan dalam terjadinya *failure mode*
2. *Detection* adalah tingkat kesulitan dalam melakukan pendeteksian terjadinya suatu kegagalan
3. *Severity* adalah tingkat keparahan yang dihasilkan jika kegagalan terjadi.

Skala masing-masing hal di atas adalah 1-10. Nilai RPN menunjukkan prioritas fokus perbaikan, semakin besar nilai RPN maka semakin diprioritaskan.

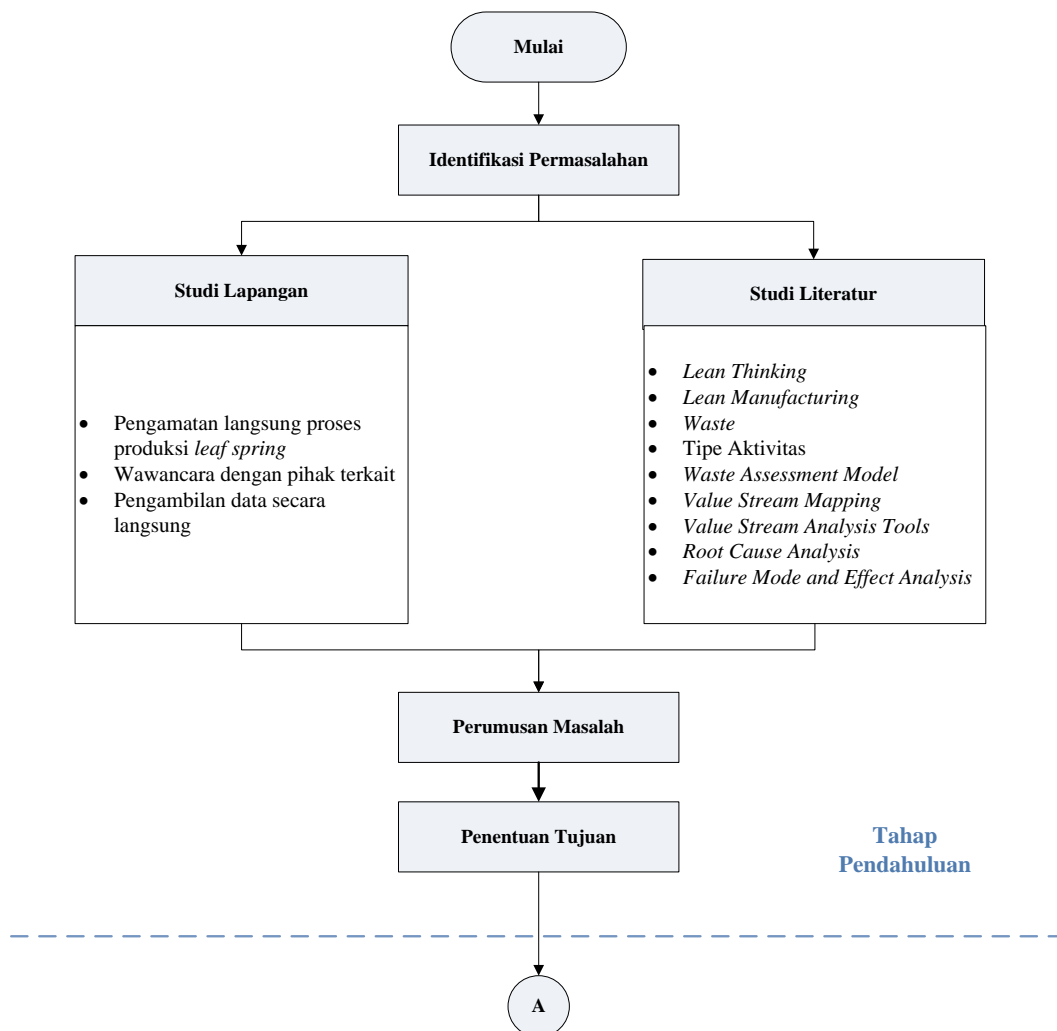
$$\text{Nilai RPN} = \text{Severity} \times \text{Occurance} \times \text{Detection} \dots\dots\dots (2.4)$$

BAB 3

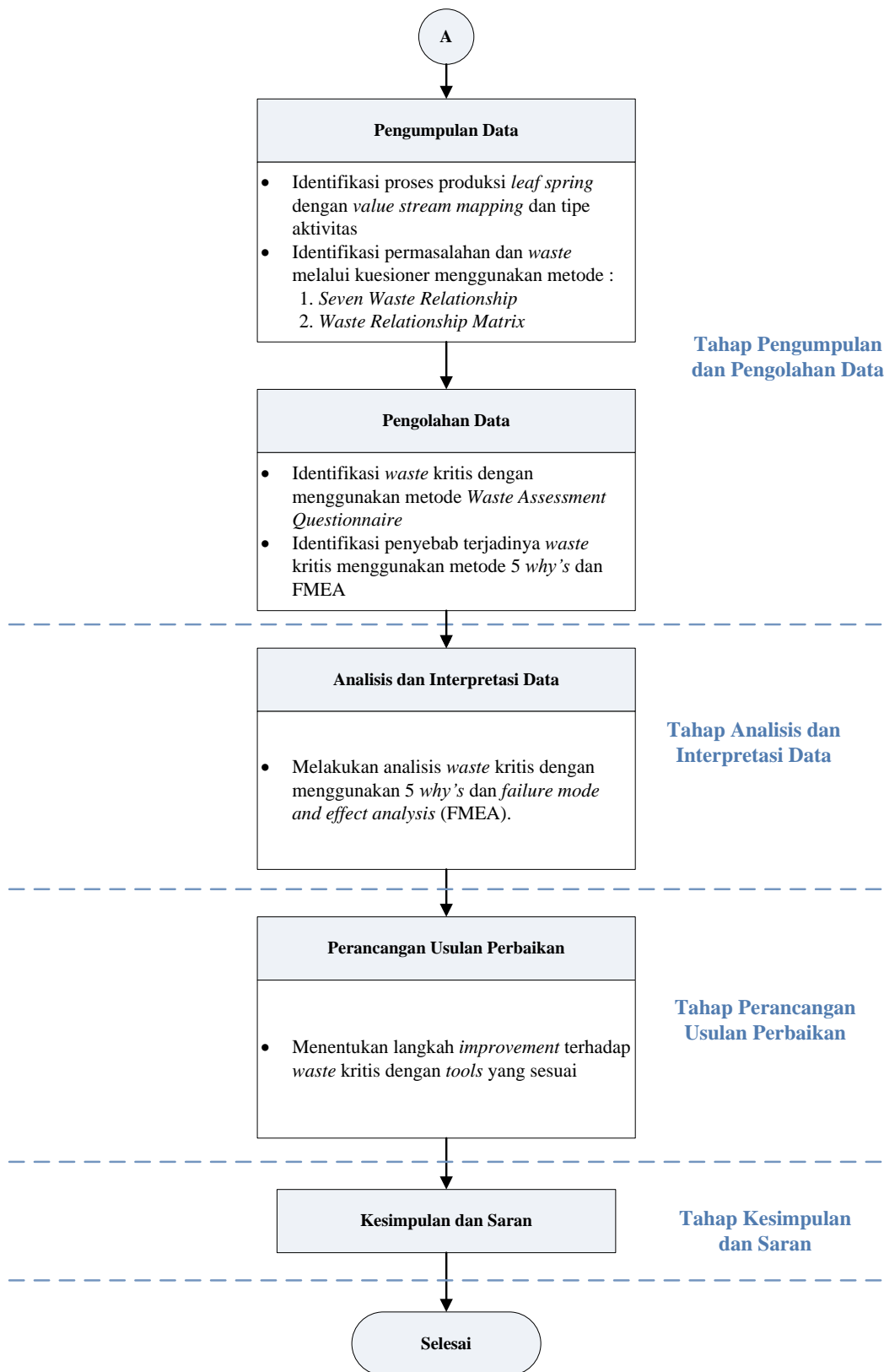
METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai langkah sistematis dalam melakukan penelitian tugas akhir. Tahapan metodologi penelitian tugas akhir ini dibagi kedalam lima tahapan, yaitu tahap pendahuluan, pengumpulan dan pengolahan data, tahap analisis dan interpretasi data, tahap perancangan usulan perbaikan, serta tahap penarikan kesimpulan dan saran.

Berikut merupakan *flowchart* dari penelitian tugas akhir yang digunakan.



Gambar 3. 1 *Flowchart* Metodologi Penelitian



Gambar 3. 1 *Flowchart* Metodologi Penelitian (Lanjutan)

3.1 Tahap Pendahuluan

Tahap pendahuluan akan menjelaskan mengenai studi literatur, studi lapangan, identifikasi masalah, perumusan masalah, dan penentuan tujuan.

3.1.1 Identifikasi Masalah

Tahap awal dalam melakukan penelitian adalah melakukan identifikasi permasalahan untuk mengetahui permasalahan yang terjadi pada objek amatan penelitian. Identifikasi masalah dilakukan dengan melakukan pengamatan langsung pada kondisi perusahaan amatan, melakukan *brainstorming* terhadap permasalahan yang ada sesuai dengan kondisi perusahaan amatan, serta dilakukan wawancara kepada pihak perusahaan untuk mendapatkan informasi lebih terhadap permasalahan yang terjadi. Dalam hal ini, peneliti melakukan identifikasi *waste* yang terjadi pada proses produksi *leaf spring* yang dapat menyebabkan naiknya biaya produksi, *rework*, dan tidak tercapainya target produksi.

Dalam mengidentifikasi permasalahan, dilakukan studi lapangan dan studi literatur untuk menentukan permasalahan yang akan diselesaikan serta metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan.

3.1.2 Studi Lapangan

Studi lapangan untuk mengetahui kondisi permasalahan dalam perusahaan dalam memproduksi *leaf spring* dan data yang diperlukan untuk mendukung penyelesaian masalah yang terjadi pada objek amatan penelitian. Informasi terkait hal tersebut diperoleh melalui pengamatan, wawancara dan pengambilan data secara langsung.

Pengamatan dilakukan selama 1 minggu untuk mengetahui permasalahan yang terdapat dalam pengamatan. Pengamatan dilakukan peneliti dengan mengikuti kegiatan gembala patrol yang dilakukan perusahaan setiap harinya di lantai produksi. Selain pengamatan, peneliti melakukan wawancara dengan supervisor bagian produksi *leaf spring* untuk mengkonfirmasi temuan permasalahan yang diperoleh. Studi lapangan dilakukan secara kontinyu atau terus menerus sesuai dengan yang diperlukan sampai penelitian ini berakhir.

3.1.3 *Studi Literatur*

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan referensi terkait dengan permasalahan yang diperoleh selama melakukan studi lapangan dan penentuan solusi terbaik dalam memecahkan masalah tersebut. Studi literatur dalam penelitian diperoleh dari berbagai sumber meliputi buku, jurnal, artikel, dan materi perkuliahan yang berkaitan dengan permasalahan yang terjadi pada objek amatan penelitian. Sehingga dengan studi literatur, penelitian dapat memiliki dasar teori yang kuat dan relevan.

Dalam penelitian ini, studi literatur yang digunakan meliputi *lean thinking*, *lean manufacturing* yang terdiri dari *waste*, tipe aktivitas dan *value stream mapping* (VSM), *value stream analysis tools* (VALSAT), konsep *waste assessment* yang terdiri dari *seven waste relationship*, *waste relationship matrix* dan *waste assessment questionnaire*, serta *root cause analysis* dan *failure mode and effect analysis*. Studi pustaka dilakukan secara kontinyu atau terus menerus sesuai dengan keperluan sampai penelitian ini berakhir.

3.1.4 *Perumusan Masalah*

Berdasarkan identifikasi permasalahan dengan studi lapangan dan studi literatur yang telah dilakukan, maka dilakukan perumusan masalah dalam penelitian tugas akhir. Rumusan masalah yang digunakan adalah bagaimana meminimasi *waste* pada proses produksi *leaf spring* dengan pendekatan *lean manufacturing*.

3.1.5 *Penentuan Tujuan*

Penentuan tujuan dilakukan untuk membuat penelitian yang dilakukan menjadi lebih terarah. Penentuan tujuan penelitian mengacu pada rumusan masalah yang telah ditetapkan. Sehingga proses pengerjaan penelitian mampu memberikan perbaikan, serta tepat sasaran terhadap permasalahan yang terjadi pada objek amatan penelitian.

3.2 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan proses pengumpulan data terkait dengan proses yang ada di perusahaan. Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan data yang akan digunakan sebagai *input* terhadap pengolahan data dan tahap perbaikan. Data yang diambil pada tahap ini dapat berupa data primer maupun data sekunder. Data primer merupakan data yang diambil secara langsung dengan melakukan wawancara kepada pekerja yang bertanggung jawab mengenai data yang bersangkutan. Perusahaan *existing* sudah menerapkan *toyota production system* (TPS), dimana TPS ini tidak jauh berbeda dengan konsep *lean manufacturing*, sehingga karyawan atau pihak expert terkait data primer memiliki pengetahuan terhadap TPS seperti penjelasan dari masing-masing *waste*. Sedangkan data sekunder merupakan data yang diperoleh dari hasil laporan perusahaan.

Data sekunder yang digunakan adalah :

1. Waktu standar setiap proses dalam memproduksi *leaf spring*.
2. Mesin yang digunakan, jumlah mesin, serta kapasitas pada mesin dalam memproduksi *leaf spring*.
3. Data *defect* perusahaan.

Data primer yang digunakan adalah :

1. Kuesioner hubungan antar *waste*
2. Kuesioner identifikasi *waste*
3. Kuesioner untuk input FMEA

Data yang dikumpulkan meliputi *process flow* dan aktivitas produksi *leaf spring*, *waste* kritis, waktu dari seluruh proses, dan *resource* yang digunakan.

1. Identifikasi aliran proses produksi *leaf spring* menggunakan *value stream mapping* untuk mengetahui kondisi perusahaan amatan. *Value stream mapping* digunakan untuk dapat mengetahui gambaran kondisi *existing* dengan memperhatikan aliran informasi dan aliran fisik,
2. Identifikasi aktivitas pada proses produksi dan dilakukan *activity classification* untuk mengklasifikasikan aktivitas proses produksi ke dalam *value added activity*, *non value added activity* dan *necessary but non value added activity*,

3. Identifikasi *waste* dilakukan dengan penyebaran kuesioner untuk mendapatkan informasi dari pihak perusahaan mengenai *waste* apa saja yang terjadi di perusahaan dengan menggunakan metode :

- *Seven Waste Relationship*,

Dilakukan dengan melakukan diskusi untuk mengetahui hubungan antar *waste*. Pertanyaan dalam diskusi menggunakan format Rawabdeh (2005). Namun dilakukan penyesuaian terhadap kebutuhan dan kondisi perusahaan. Sehingga, dari 6 pertanyaan, digunakan 4 pertanyaan. Diskusi dilakukan dengan pihak *expert* yang memahami proses serta *waste* yang diidentifikasi. Terdapat 3 *expert* dalam perusahaan yang memahami proses produksi *leaf spring* yakni asisten manajer produksi, asisten manajer PPIC dan asisten manajer QC.

Tabel 3. 1 *Expert* dan Keahlian dalam Diskusi *Seven Waste Relationship*

NO	<i>Expert</i>	Keahlian yang dimiliki
1	Asisten Manajer PPIC	Berhubungan dengan <i>waste overproduction</i> dan <i>inventory</i>
2	Asisten Manajer QC	Berhubungan dengan <i>waste defect</i>
3	Asisten Manajer Produksi	Berhubungan dengan <i>waste waiting, processing, transportation</i> dan <i>motion</i>

- *Waste Assessment Questionnaire*

Dilakukan dengan menyebarkan kuesioner untuk melakukan penilaian jenis pemborosan yang terjadi. Pertanyaan dalam kuesioner menggunakan format Rawabdeh (2005). Namun dilakukan penyesuaian terhadap kebutuhan dan kondisi perusahaan. Sehingga, dari 68 pertanyaan, digunakan 24 pertanyaan serta 1 pertanyaan tambahan dari perusahaan. Sehingga seluruh pertanyaan telah disetujui oleh perusahaan.

Kuesioner diberikan kepada pihak *expert* yang memahami proses serta *waste* yang diidentifikasi. Terdapat 5 *expert* dalam perusahaan yang memahami proses produksi *leaf spring* yang dijadikan sebagai responden

waste assessment questionnaire adalah manajer produksi, asisten manajer produksi, asisten manajer PPIC, asisten manajer QC, dan supervisor bagian produksi.

4. Penyebaran kuesioner FMEA untuk memperoleh nilai RPN tertinggi dari akar penyebab terjadinya *waste*. Dalam penelitian tugas akhir ini, pendekatan FMEA yang digunakan adalah hanya mengadopsi metode perhitungan nilai RPN yang digunakan untuk mencari akar penyebab *waste* kritis yang memiliki nilai RPN paling tinggi. FMEA didapatkan melalui kuesioner dengan pihak *expert* agar hasil yang didapatkan dapat merepresentasikan kondisi aktual pada objek amatan. Responden dari kuesioner FMEA adalah asisten manajer produksi, asisten manajer QC, asisten manajer PPIC, dan supervisor bagian produksi.

Tahap pengolahan data terdiri dari :

1. Melakukan pengolahan data hasil kuesioner *seven waste relation ship* kedalam *waste relationship matrix*. Serta melakukan pengolahan data hasil *waste assessment questionaire*. Sehingga diperoleh hasil urutan *waste* pertama sampai terakhir. Urutan *waste* tertinggi pertama, kedua dan ketiga dijadikan sebagai *waste* kritis. Dengan ditetapkannya *waste* kritis, penelitian dapat dilakukan lebih terfokus pada penyelesaian *waste* kritis tersebut,
2. Menentukan *tool* dalam menganalisis lebih jauh penyebab timbulnya *waste*, yakni dengan menggunakan bobot hasil metode *waste assessment model* kedalam tabel *value stream analysis tools* sehingga diperoleh urutan *tools* yang dapat digunakan.
3. Identifikasi penyebab terjadinya *waste* kritis menggunakan metode 5 *why's* dan *failure mode and effect analysis* (FMEA). Analisis 5 *why's* ditujukan untuk mengetahui akar penyebab terjadinya *waste* kritis. Akar penyebab dari *waste* kritis digunakan sebagai *input* FMEA untuk mengetahui akar penyebab yang memiliki *risk priority number* (RPN) paling tinggi.

3.3 Tahap Analisis dan Interpretasi Data

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap hasil pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan sebelumnya. Analisis tersebut meliputi analisis terhadap hasil *waste* kritis yang diperoleh dan analisis akar penyebab *waste* kritis dengan menggunakan metode 5 *Why's* dan *failure mode and effect analysis* (FMEA).

3.4 Tahap Perancangan Usulan Perbaikan

Tahap perancangan usulan perbaikan menjelaskan *improvement* atau rekomendasi perbaikan dari hasil analisis dan pengolahan data yang telah dilakukan sebelumnya. Perbaikan yang diberikan bergantung nilai RPN tertinggi yang diperoleh dari FMEA.

3.5 Tahap Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan dari penelitian Tugas Akhir yang dapat menjawab tujuan penelitian. Sedangkan saran dilakukan agar dapat memperbaiki penelitian yang akan dilakukan selanjutnya.

BAB 4

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai *leaf spring* serta proses untuk memproduksi *leaf spring*. Dalam hal ini, data-data yang diperlukan adalah alur proses produksi *multi leaf spring* lokal *existing*, waktu produksi *multi leaf spring* lokal, identifikasi *waste* menggunakan *waste assessment model* dan identifikasi aktivitas dengan *process activity mapping*.

4.1 *Leaf Spring*

Spring atau pegas termasuk dalam sistem suspensi yang berfungsi untuk menyerap beban kejut atau menerima getaran atau guncangan roda akibat dari kondisi jalan yang dilalui dengan tujuan agar getaran atau guncangan dari roda tidak menyalur ke bodi atau rangka kendaraan (Sali & Balbhem, 2016). Menurut Patel (2015), tipe-tipe *spring* diantaranya adalah :

1. *Helical springs* atau *coil spring*
2. *Conical and volute springs*
3. *Torsion springs*
4. *Disc or belleville springs*
5. *Special purpose springs*
6. *Leaf springs*

Leaf spring merupakan pegas yang digunakan oleh kendaraan berat, seperti truk, bus, sistem kereta api, dan lain-lain (Saini, Goel & Kumar, 2013). *Leaf spring* terdiri dari satu atau beberapa *flat bar* yang dirakit menjadi satu (Sali & Balbhem, 2016). *Leaf spring* terdiri dari 2 tipe (Ashvini, Ghandare, Aradhye & Hargude, 2015) :

1. *Multi Leaf Spring* : tersusun dari beberapa *flat bar (leaf)* yang berbeda panjangnya yang dirakit menjadi satu kesatuan *spring*.



Gambar 4. 1 *Multi Leaf Spring* (Ashvini, Ghandare, Aradhye & Hargude, 2015)

2. *Mono Leaf Spring* : tersusun dari *flat bar* tunggal.



Gambar 4. 2 *Mono Leaf Spring* (Ashvini, Ghandare, Aradhye & Hargude, 2015)

Multi Leaf spring terdiri dari beberapa lempengan plat dasar yang dirakit bersama untuk mendapatkan efisiensi dan daya lenting yang tinggi. Kriteria material *leaf spring* adalah sebagai berikut:

1. Mempunyai kekuatan yang tinggi;
2. Tahan terhadap korosi;
3. Mempunyai keuletan yang tinggi; dan
4. Mempunyai ketangguhan yang tinggi.

Dalam memproduksi *leaf spring*, sifat material utama (*flat bar*) terdiri dari (Ajay, Mandar, Baskar, 2014) :

Tabel 4. 1 Sifat Material Utama

No	Properties	Steel (Baja)	Epoxy Resin
1	Density	7850 kg/m ³	1200 kg/m ³
2	Young's Modulus	2E + 11 N/m ²	4E + 10 N/m ²
3	Tensile Strength	2.5 E + 8 N/m ²	4.3 E + 7 N/m ²
4	Compressive Strength	2.5 E + 8 N/m ²	4.3 E + 7 N/m ²
5	Ultimate Tensile Strength	4.6 E + 8 N/m ²	4.3 E + 7 N/m ²

Sumber : Ajay, Mandar, Baskar, 2014

Multi leaf spring di perusahaan ini merupakan jenis *leaf spring* yang proses produksinya kompleks dibandingkan dengan jenis *leaf spring* yang lain. Karena terdapat proses *eye forming* dan atau *wrapper forming*. Selain itu, *multi leaf spring* merupakan tipe yang paling sering diproduksi oleh perusahaan amatan. *Multi leaf spring* terdiri dari banyak tipe, dimana tipe ini didasarkan pada kebutuhan *customer*. Contoh tipe *multi leaf spring* adalah *multi leaf spring* lokal, *multi leaf spring* tandom, *multi leaf spring* MSM 2521, *multi leaf spring* MSM 2581, dll.

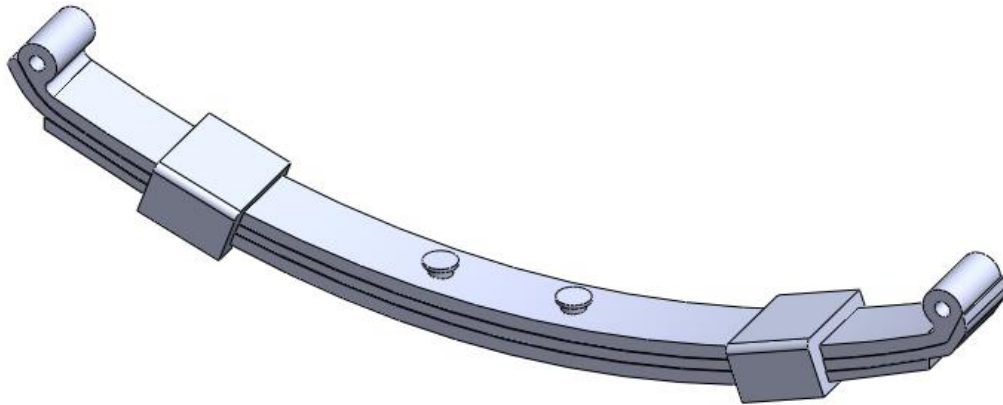
Pada penelitian tugas akhir ini, jenis *leaf spring* yang akan dibahas adalah *multi leaf spring* lokal. Berikut ini merupakan spesifikasi *multi leaf spring* lokal dari perusahaan *existing* :

Tabel 4. 2 Spesifikasi *Multi Leaf Spring* Lokal

Spesifikasi Pegas	Nilai	Satuan
Panjang <i>Leaf</i> 1	1220	mm
Panjang <i>Leaf</i> 2	1220	mm
Panjang <i>Leaf</i> 3	1068	mm
Lebar <i>Leaf</i>	70	mm
Tebal <i>Leaf</i>	7	mm
Kekerasan Material	70.7	HRC
<i>Spring Capability</i>	5700	lbs

Berdasarkan Tabel 4.2 di atas, dapat diketahui bahwa kemampuan *multi leaf spring* ini hanya dapat mampu digunakan untuk kendaraan dengan berat 5700 lbs. Dimana kendaraan dengan berat 5700 lbs ini merupakan jenis kendaraan mobil, seperti mobil panther, daihatsu feroza, dan lain sebagainya.

Multi leaf spring lokal terdiri dari 3 *leaf*, masing-masing *leaf* tersebut memiliki spesifikasi atau karakteristik yang berbeda-beda yang akan di *assembly* menjadi satu kesatuan *multi leaf spring* lokal. Berikut ini merupakan contoh gambar *multi leaf spring* lokal.



Gambar 4. 3 *Multi Leaf Spring* Lokal

Dalam memproduksi *leaf spring*, perusahaan amatan menggunakan material utama *flat bar* yang dibeli langsung kepada *supplier*, sedangkan sub material atau material tambahan diantaranya adalah *soft ball*, cat utama, cat luar, *bushing*, baut tengah, dan *clip*. Dan diperlukan material pembantu berupa oli pada proses *quenching*.

4.1.1 *Proses Produksi Leaf Spring*

Dalam memproduksi *leaf spring*, terdapat beberapa proses (Patel, 2015), yakni :

1. *Shearing flat bar / cutting*
2. *Center hole punching / drilling*
3. *End heating process forming*
 - *Eye Forming / wrapper forming*
 - *Diamond cutting/ end trimming/ width cutting / end tapering*
 - *End punching / end grooving/ end bending/ end forging/ eye grinding*
 - *Center hole punching/ drilling/ nibbing*
4. *Heat Treatment*
 - *Heating*
 - *Camber forming*
 - *Quenching*
 - *Tempering*
5. *Surface preparaton*

- *Shot peening / stress peening*
 - *Painting*
6. *Eye bush preparation process*
- *Eye reaming / eye boring*
 - *Bush insertion*
 - *Bush reaming*
7. *Assemble*
- *Presetting and load testing*
 - *Paint touch-up*
 - *Marking and packing*

Proses produksi *leaf spring* tersebut tidak jauh berbeda dengan perusahaan amatan. Dalam perusahaan amatan, proses produksi *leaf spring* terdiri dari 4 proses utama, yakni proses *shearing*, proses *heating*, proses *pre assembly* dan proses *assembly*. Proses *shearing* terdiri atas *cutting (shearing)*, *center hole*, *silincer hole*, *clip hole*, *taper*, *eye forming*, dan *wrapper forming*. Proses *heating* terdiri atas 4 proses yakni *heating*, *cambering*, *quenching* dan *tempering*. Proses *pre assembly* terdiri atas *stress shoot peening*, *anti rust painting*, *reaming*, dan *press bushing*. Sedangkan proses *assembly* terdiri atas *clip clamping*, *assembling*, *setting & load testing*, *final painting*, pemberian *part* nomor dan logo, *final inspection* dan *packaging*. Berikut ini merupakan proses beserta penjelasannya :

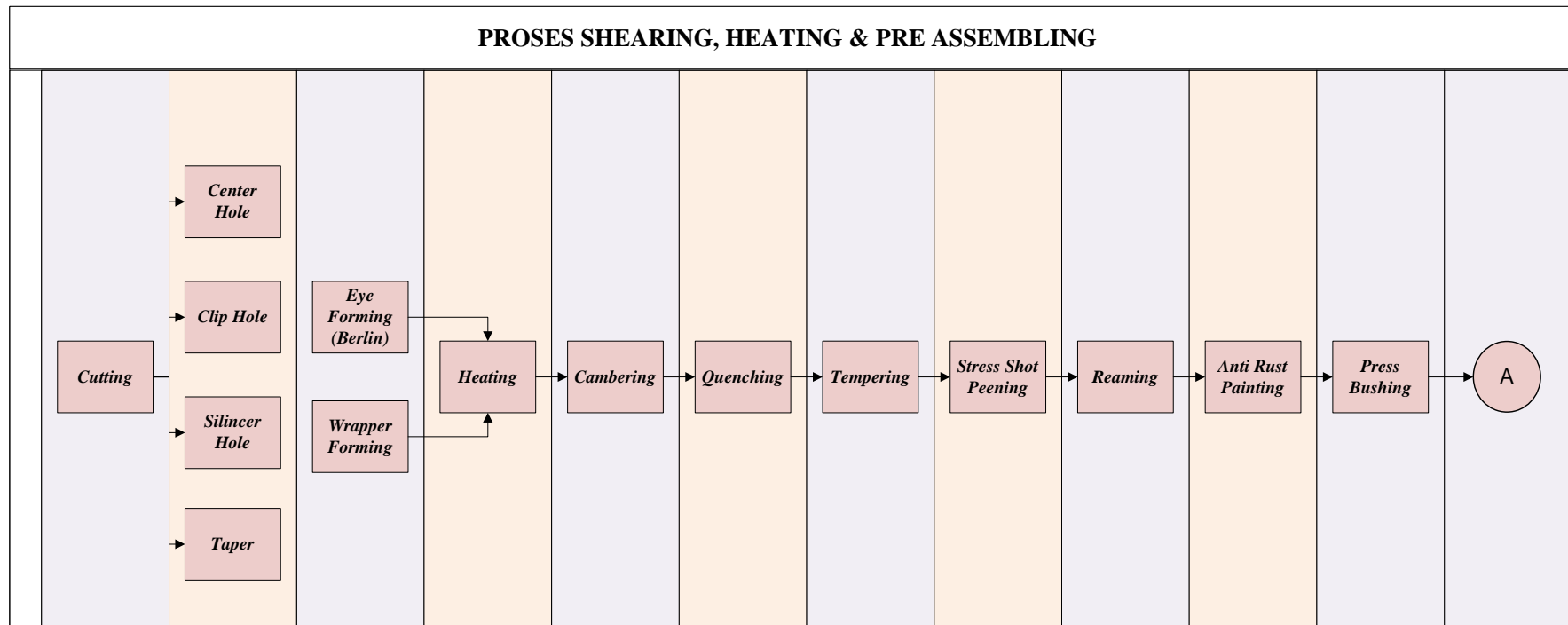
1. *Shearing/cutting* : Proses ini *flat bar* di potong menjadi ukuran *leaf spring* sesuai permintaan *customer*.
2. *Punching (Center Hole, Silincer Hole, Clip Hole)* : Merupakan proses pelubangan material *leaf spring* pada area tengah maupun sisi kanan/kiri bolt, klip, dll.
3. *End Heating* : Pada proses ini material *leaf spring* dipanaskan sebagai media untuk mempermudah proses pembentukan.
4. *Taper* : Proses pembentukan material *leaf spring* dengan memipihkan pada bagian ujungnya.

5. *Eye Forming* : Proses pembentukan material *leaf spring* yang membentuk bulatan atau *eye* pada bagian ujungnya yang berfungsi sebagai tempat pin pada kendaraan.
6. *Wrapper Forming* : Proses pembentukan material *spring* yang membentuk setengah bulatan pada ujung material yang berfungsi sebagai penahan bagian *eye* pada *leaf*.
7. *Heating* : Proses pemanasan material *leaf spring* sebesar 800-900 derajat sehingga struktur material mencapai fase austenit yang bertujuan untuk mendapatkan kekerasan bahan sesuai spesifikasi sehingga mudah untuk dibentuk.
8. *Cambering* : Proses pembentukan material *leaf spring* yang membentuk parabola dengan radius tertentu yang berfungsi untuk menghasilkan daya pegas.
9. *Quenching* : Proses pembentukan material *leaf spring* dengan mendinginkan material hasil *output heating* yang bertemperatur 700-800 derajat pada oli dengan temperatur minimal 60 derajat celsius
10. *Tempering Furnace* : Proses pemanasan material *leaf spring* pada temperatur 400-500 derajat yang bertujuan untuk menghasilkan material dengan strukturnya pada fase *tempering* martensit sehingga didapatkan kekerasan material sebesar 2,85-3,05 HBD (*Hardness Bridnell Diameter*).
11. *Stress Shoot Peening* : Proses pembentukan material *leaf spring* dengan ditembak atau ditumbuk bola-bola baja berukuran tertentu pada sisi tension tetapi material dalam keadaan diberi beban sehingga material mempunyai *residual stress* (tegangan sisa) yang lebih tinggi.
12. *Anti Rust Painting* : Proses pelapisan material *leaf spring* dengan cat anti karat dengan ketebalan 20 μm (*micro meter*) yang berfungsi melindungi material dari oksidasi.
13. *Reaming* : Proses penghalusan sisi dalam diameter *eye* yang bertujuan untuk mempersisakan ukurannya terhadap diameter *bushing* sehingga dapat terpasang dengan presisi.

14. *Press Bushing* atau *Bush Fitting* : Proses pemasangan *bushing* pada lubang *eye* yang berfungsi sebagai bantalan antara material dengan pin yang terpasang.
15. *Clip Clamping* : Proses pemasangan *clip* untuk menyatukan *leaf spring*
16. *Assembling* : Proses perakitan *leaf spring* sesuai dengan jumlah *leaf* yang diinginkan sehingga fungsi *leaf spring* dapat bekerja sempurna.
17. *Setting & Load Testing* : Proses pengecekan spesifikasi tinggi *chamber* terhadap beban sehingga didapat rangking dari *leaf spring* sesuai dengan yang diinginkan.
18. *Final Painting* : Proses pengecatan *leaf spring* dengan warna dan spesifikasi yang diinginkan.
19. *Part No & Logo* : Pemberian nomor identifikasi dan logo sebagai data *traceability*
20. *Final Inspection* : Inspeksi pada *leaf spring*, seperti pengecekan nomor, logo dan cat.
21. *Packaging* : Pemberian kemasan pada *leaf spring*

4.1.2 Penentuan Paralel dan Seri Proses Produksi Leaf Spring

Berdasarkan pada proses produksi *leaf spring* di atas, maka dapat ditentukan proses-proses yang dapat dilakukan pada waktu yang sama (paralel) dan proses-proses yang tidak dapat dilakukan bersamaan karena harus bergantung pada sebelumnya (seri). Penentuan proses seri dan paralel didasarkan pada pertimbangan penggunaan mesin dan predesessor proses produksi. Penentuan ini akan menjadi acuan dalam perhitungan waktu produksi *leaf spring*. Berikut ini merupakan gambar penentuan paralel dan seri dari proses produksi *leaf spring*.



Gambar 4. 4 Alur Seri dan Paralel Proses Produksi *Leaf Spring* Proses *Shearing*, *Heating*, dan *Pre Assembling*

Berdasarkan Gambar 4.4 dan 4.5, terdapat 22 proses dalam memproduksi *leaf spring* secara keseluruhan, terdapat beberapa proses yang tidak selalu ada dalam memproduksi tipe *leaf spring*, dikarenakan menyesuaikan dengan tipe dari *drawing leaf spring* dan kebutuhan *customer*. Proses tersebut terbagi kedalam beberapa departemen, Departemen *shearing* terdiri atas *cutting (shearing)*, *center hole*, *silincer hole*, *clip hole*, *taper*, *eye forming*, dan *wrapper forming*. Departemen *heating* terdiri atas 4 proses yakni *heating*, *cambering*, *quenching* dan *tempering*. Departemen *pre assembly* terdiri atas *stress shoot peening*, *anti rust painting*, *reaming*, dan *press bushing*. Dan departemen *assembly* terdiri atas *clip clamping*, *assembling*, *setting & load testing*, *final painting*, pemberian *part nomor* dan *logo*, *final inspection* dan *packaging*.

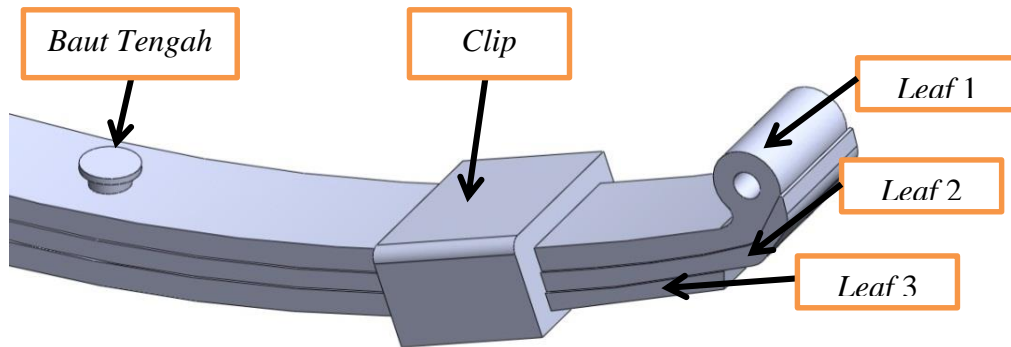
Dalam departemen *shearing*, terdapat beberapa proses yang dapat dilakukan secara paralel, karena pada dasarnya satu proses dengan proses yang lain tidak mempengaruhi proses-proses tersebut, mesin yang digunakan berbeda, serta material yang diproses berbeda, sehingga tidak mempengaruhi proses tipe *leaf spring* yang lainnya. Proses tersebut adalah proses *center hole*, *clip hole*, *silincer hole*, dan atau *taper*. Selain itu, proses *eye forming* dan *wrapper forming* hanya dapat dikerjakan jika proses *center hole*, *clip hole*, *silincer hole* dan atau *taper* sudah selesai dikerjakan. Karena dalam proses *eye forming* dan *wrapper forming* dapat merubah ujung dimensi dari material.

Dalam departemen *heating*, tidak dapat dilakukan secara paralel, karena mesin yang digunakan berjumlah satu, dan setiap proses dalam departemen *heating* saling berkelanjutan (kontinyu). Begitupula pada departemen *pre assembly*, harus dikerjakan setelah semua proses pada departemen *shearing* dan proses pada departemen *heating* selesai. Pada departemen *pre assembly*, semua proses hanya dapat dilakukan secara seri.

Sedangkan departemen *assembly*, hanya dapat dilakukan jika semua tipe *leaf* yang diproses telah selesai sampai tahap *pre assembly* dan dinyatakan lolos untuk dapat dilakukan *assembly* dengan tipe lainnya. Sehingga pada proses *assembly* hanya dapat dilakukan secara seri.

4.1.2 Proses Produksi Leaf Spring Tipe Multi Leaf Spring Lokal

Multi leaf spring lokal terdiri dari 3 tipe *leaf*. Berikut ini merupakan gambar *multi leaf spring*.



Gambar 4. 6 Komponen *Multi Leaf Spring* Lokal

Dalam memproduksi masing-masing tipe *leaf* tersebut, terdiri dari beberapa proses yang berbeda sesuai dengan spesifikasi masing-masing *leaf*. Berikut ini proses pada masing-masing tipe *leaf* pada *multi leaf spring* lokal.

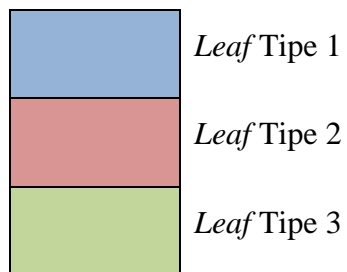
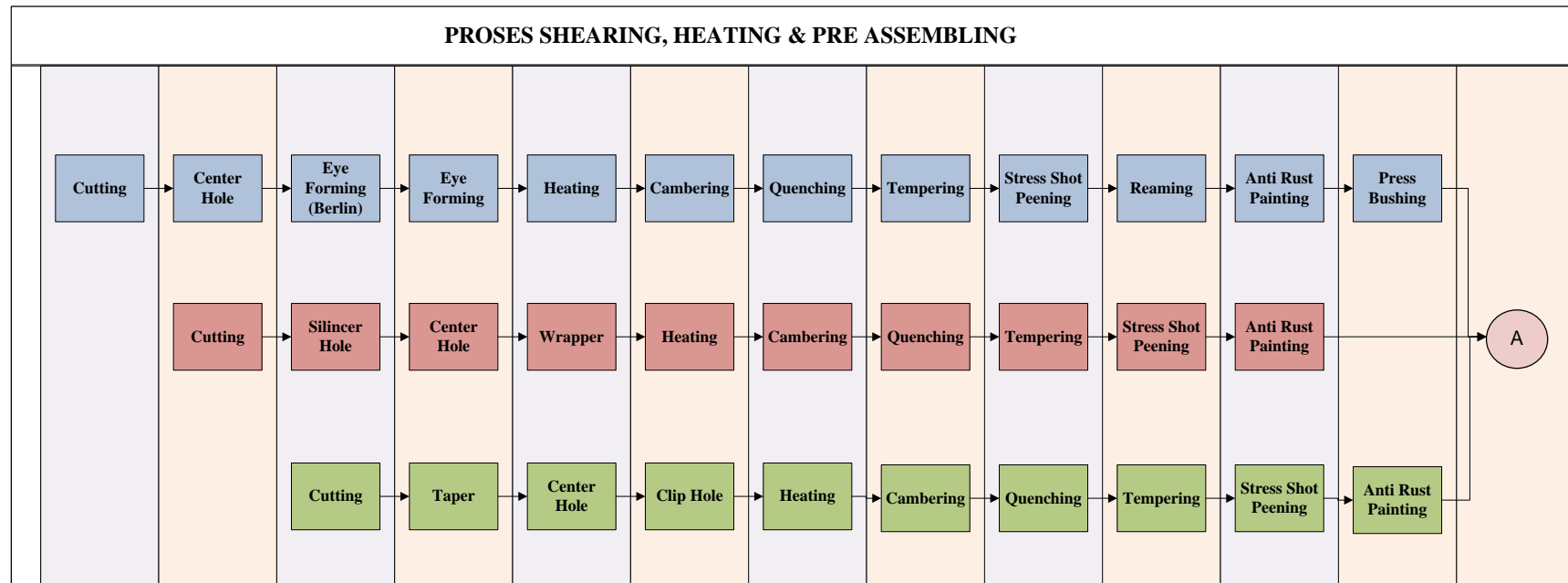
Tabel 4. 3 Proses Produksi *Multi Leaf Spring* Lokal

PROSES PRODUKSI		
<i>Leaf</i> Tipe 1	<i>Leaf</i> Tipe 2	<i>Leaf</i> Tipe 3
<i>Shearing/cutting</i>	<i>Shearing/cutting</i>	<i>Shearing/cutting</i>
<i>Eye Forming (Berlin)</i>	<i>Center Hole</i>	<i>Center Hole</i>
<i>Eye Forming</i>	Pemberian tanda lubang <i>clip</i>	<i>Taper</i>
<i>Center Hole</i>	<i>Silincer Hole</i>	Pemberian tanda lubang <i>silincer</i>
<i>Heating</i>	<i>Wrapper Forming</i>	<i>Clip Hole</i>
<i>Cambering</i>	<i>Heating</i>	<i>Heating</i>
<i>Quenching</i>	<i>Cambering</i>	<i>Cambering</i>
<i>Tempering</i>	<i>Quenching</i>	<i>Quenching</i>
<i>Stress Shot Peening</i>	<i>Tempering</i>	<i>Tempering</i>
<i>Reaming</i>	<i>Stress Shot Peening</i>	<i>Stress Shot Peening</i>
<i>Anti Rust Painting</i>	<i>Anti Rust Painting</i>	<i>Anti Rust Painting</i>

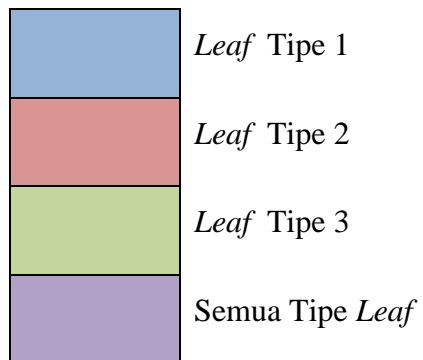
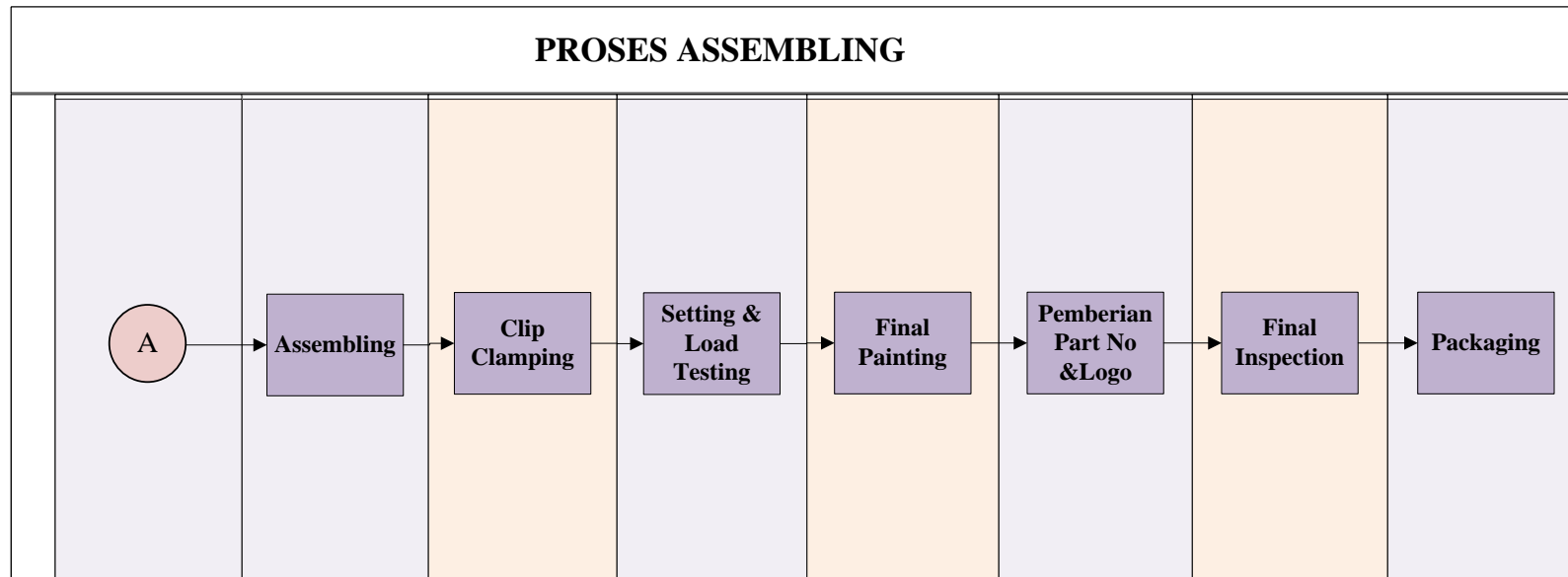
PROSES PRODUKSI		
<i>Leaf Tipe 1</i>	<i>Leaf Tipe 2</i>	<i>Leaf Tipe 3</i>
<i>Press Bushing</i>		
<i>Assembling</i>		
<i>Clip Clamping</i>		
<i>Setting & Load Testing</i>		
<i>Final Painting</i>		
<i>Height Class & P/N</i>		
<i>Final Inspection</i>		
<i>Packaging</i>		

Dalam memproduksi *multi leaf spring*, perusahaan ini membuat sistem *batch*, dimana 1 *batch* terdiri dari 100-200 *leaf* yang diproduksi. Sesuai dengan kondisi *existing*, urutan proses produksi secara paralel tidak diatur secara sistematis, sehingga berjalannya proses paralel menyesuaikan kondisi lapangan. Hal ini lah yang menjadi salah satu kendala terjadinya *delay* atau *waiting* yang tidak dapat diprediksi pada proses produksi *multi leaf spring* lokal.

Dalam memproduksi masing-masing tipe *leaf*, urutan pengerjaan *leaf* disesuaikan dengan urutan tipe nya, yakni *leaf* tipe 1 dikerjakan lebih awal, kemudian *leaf* tipe 2 dan *leaf* tipe 3. Berikut ini dapat digambarkan urutan aliran proses produksi *multi leaf spring*.



Gambar 4. 7 Alur Seri dan Paralel Proses Produksi *Multi Leaf Spring* Proses *Shearing*, *Heating*, dan *Pre Assembling*



Gambar 4. 8 Alur Seri dan Paralel Proses Produksi *Multi Leaf Spring* Proses Assembling

Sehingga, berdasarkan aliran proses produksi Gambar 4.7 dan 4.8, maka waktu yang diperlukan untuk memproduksi *multi leaf spring* dalam 1 *batch* terdiri dari 100 unit *leaf* dapat dilihat pada Tabel 4.7 di bawah ini :

Tabel 4. 4 Waktu Proses Produksi 100 unit *Multi Leaf Spring* Lokal

<i>Leaf Tipe 1</i>			<i>Leaf Tipe 2</i>			<i>Leaf Tipe 3</i>		
<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>	<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>	<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>
<i>Shearing / cutting</i>	16.67	16.67						
<i>Eye Forming (Berlin)</i>	55	71.67	<i>Shearing/ cutting</i>	16.67	33.34			
<i>Eye Forming</i>	55	126.67	<i>Center Hole</i>	16.67	50.01	<i>Shearing/ cutting</i>	16.67	50.01
<i>Center Hole</i>	16.67	143.34	Pemberian Tanda Lubang	33.34	83.35	<i>Taper</i>	20	70.01
<i>Heating</i>	23.33	166.67	<i>Silincer Hole</i>	16.67	100.02	<i>Center Hole</i>	16.67	86.68
<i>Cambering</i>	16.67	183.34	<i>Wrapper Forming</i>	100	200.02	Pemberian Tanda Lubang	33.34	120.02
<i>Quenching</i>	13.33	196.67	<i>Heating</i>	23.33	223.35	<i>Clip Hole</i>	16.67	136.69
<i>Tempering</i>	15	211.67	<i>Cambering</i>	16.67	240.02	<i>Delay</i>	86.66	223.35
<i>Stress Shot Peening</i>	20	231.67	<i>Quenching</i>	13.33	253.35	<i>Heating</i>	23.33	246.68
<i>Reaming</i>	43.33	275	<i>Tempering</i>	15	268.35	<i>Cambering</i>	16.67	263.35
<i>Anti Rust Painting</i>	96.67	371.67	<i>Stress Shot Peening</i>	20	288.35	<i>Quenching</i>	13.33	276.68
<i>Press Bushing</i>	36.67	408.34	<i>Delay</i>	83.32	371.67	<i>Tempering</i>	15	291.68
<i>Waiting</i>	156.67	565.01	<i>Anti Rust Painting</i>	96.67	468.34	<i>Stress Shot Peening</i>	20	311.68
			<i>Waiting</i>	96.67	565.01	<i>Delay</i>	156.66	468.34
						<i>Anti Rust Painting</i>	96.67	565.01
<i>Clip Clamping & Baut Center Hole</i>							28.33	593.34
<i>Assembling</i>							41.67	635.01
<i>Setting & Load Testing</i>							41.67	676.68
<i>Final Painting</i>							46.67	723.35
<i>Height Class & P/N</i>							28.3	751.65
<i>Final Inspection</i>							120	871.65
<i>Packaging</i>							30	901.65

Berdasarkan Tabel 4.4, dapat dilihat bahwa waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan 100 *multi leaf spring* lokal adalah 901.65 menit atau 15.03 jam. Dengan total *delay* atau *waiting* 326.64 menit atau 5.44 jam.

4.2 *Current State Value Stream Mapping*

Value stream mapping merupakan *tool* yang digunakan untuk menggambarkan secara visual aliran informasi dan aliran material dari proses produksi *leaf spring* berdasarkan kondisi *existing* perusahaan. Berikut ini merupakan aliran informasi dan aliran material dari proses produksi *leaf spring*.

4.2.1 *Aliran Informasi*

Berikut ini merupakan aliran informasi dari datangnya permintaan sampai produk dapat diterima oleh *customer* :

1. *Customer* melakukan *order* kepada perusahaan dengan memberikan spesifikasi (*drawing customer*) kepada departemen *sales & marketing*.
2. Departemen *sales & marketing* menerima *order* dari *customer* dan memberikan spesifikasi (*drawing customer*) kepada departemen *Research and Development/engineering*
3. Departemen *Research and Development/engineering* perusahaan melakukan analisis kecocokan dengan mesin terhadap spesifikasi permintaan *customer* dan melakukan *breakdown drawing customer*, jika spesifikasi dari *customer* cocok dan dapat diterapkan oleh departemen produksi, maka dilakukan konfirmasi kepada *customer*.
4. Hasil *breakdown* dan analisis terhadap spesifikasi dari *customer* diberikan kepada departemen PPIC untuk dilakukan penjadwalan produksi.
5. Hasil penjadwalan produksi diberikan kepada departemen produksi dan departemen gudang *raw material*
6. Departemen gudang *raw material* menyiapkan kebutuhan material sesuai *order* atau jadwal produksi dan memberikan material tersebut kepada departemen produksi

7. Departemen produksi melakukan proses produksi sesuai dengan spesifikasi dari departemen *research and development/engineering* menggunakan material dari departemen gudang *raw material*.
8. Ketika proses produksi selesai, produk jadi dibawa ke departemen OGI (*outgoing inspection*) untuk dilakukan proses inspeksi terhadap produk *multileaf spring*
9. Barang yang keluar dari departemen OGI dinyatakan lulus inspeksi dan dapat dibawa ke gudang barang jadi
10. Produk *leaf spring* dikirim kepada *customer*

4.2.2 Aliran Material

Aliran material dari proses produksi *multi leaf spring* lokal adalah dimulai datangnya material *flat bar* dari gudang *raw material* sejumlah 300 *material flat bar*. Material dikirim kepada departemen *shearing* untuk dilakukan proses *cutting* sesuai ukuran, yakni dipotong sesuai ukuran *leaf* tipe 1, 2 dan 3. Pada proses pengerjaan *multi leaf spring* lokal ini, *leaf* tipe 1 diproses terlebih dahulu, selanjutnya *leaf* tipe 2 dan *leaf* tipe 3.

Setelah proses *cutting* pada *flat bar leaf* tipe 1, *flat bar* tersebut dibawa ke proses *center hole* menggunakan mesin *punch*. Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan 1 *batch* pada proses *center hole* adalah 16.67 menit. Setelah dari proses *center hole*, *flat bar* dibawa ke proses *eye forming*, pada proses pembentukan *eye* (*eye forming*) pada kedua ujungnya, memerlukan waktu 110 menit. Proses *eye forming* dilakukan dengan memanaskan ujung kanan/kiri *flat bar* kedalam *end heating machine*, kemudian proses pembentukan *end eye* dengan *eye forming machine*. Setelah kedua ujung nya membentuk *eye*, *flat bar* dipindahkan ke departemen *heating* menggunakan *forklift*.

Pada proses di departemen *heating*, mesin yang digunakan tersusun menjadi satu, proses di departemen *heating* terjadi secara otomatis. Dimana *flat bar* diletakkan di mulut mesin menggunakan konveyor, dimana nantinya tangan robot akan mengarahkan *flat bar* ke proses *heating*, *cambering*, *quenching* dan *tempering*. Pada tahap ini, dilakukan inspeksi secara *sampling*, dimana yang diukur adalah radius hasil proses *cambering*.

Dari departemen *heating*, *flat bar* dibawa ke departemen *pre assembly*. *Flat bar* secara semi otomatis satu persatu diletakkan secara manual ke mesin *peening*, untuk dilakukan proses *stress shot peening*. Pada proses ini, material ditembak menggunakan *shot ball* bertujuan untuk menutup pori-pori material. Setelah itu, dibawa ke proses *reaming* untuk menghaluskan sisi dalam diameter *eye* yang bertujuan untuk mempersisikan ukuran terhadap diameter *bushing* sehingga dapat terpasang dengan presisi. Dalam proses ini dilakukan inspeksi secara *sampling* untuk mengukur ketepatan diameter *eye* yang dihasilkan.

Material flat bar dipindahkan ke proses *anti rust painting* menggunakan *forklift*. Proses ini bertujuan untuk melapisi material *leaf spring* dengan cat anti karat. Proses ini dilakukan dengan mencelupkan *material flat bar* ke dalam *dipping machine*. Setelah cat mengering, dilakukan proses pemasangan *bushing* pada *eye leaf* tipe 1. Setelah proses *shearing*, *heating* dan *pre assembly* selesai, *flat bar leaf* 1 dibawa menggunakan *forklift* ke departemen *assembly*.

Bersamaan dengan pengerjaan *flat bar leaf* tipe 1, dilakukan pengerjaan *flat bar leaf* tipe 2 dan 3. Pada proses pengerjaan *flat bar leaf* tipe 2, setelah melalui proses *cutting*, *flat bar leaf* tipe 2 melalui proses *silincer hole* menggunakan mesin *power press*, sebelum melalui proses *silincer*, material diberikan tanda lubang oleh operator menggunakan *tool* penggaris. Setelah itu melalui proses *center hole* seperti pada *flat bar leaf* 1. Setelah proses *silincer* dan *center hole*, *flat bar* tipe 2 menuju proses *wrapper forming*, inilah yang membedakan antara *flat bar leaf* tipe 1 dan *leaf* tipe 2. Pada proses *wrapper forming*, dilakukan dengan memanaskan ujung kanan/kiri *flat bar* kedalam *end heating machine*, kemudian proses pembentukan *end eye* dengan *wrapper forming machine*. Setelah kedua ujung nya membentuk *eye*, *flat bar* dipindahkan ke departemen *heating* menggunakan *forklift*.

Pada proses departemen *heating*, mengalami proses seperti pada material *flat bar leaf* tipe 1. Setelah dari departemen *heating*, melalui proses *stress shot peening* dan *anti rust painting*. Setelah proses *shearing*, *heating* dan *pre assembly* selesai, *flat bar leaf* 2 dibawa menggunakan *forklift* ke departemen *assembly*.

Pada proses pengerjaan *flat bar leaf* tipe 3, setelah melalui proses *cutting*, *flat bar leaf* tipe 3 melalui proses *center hole*, dan *clip hole* menggunakan mesin

power press, sebelum melalui proses *clip*, material diberikan tanda lubang oleh operator menggunakan *tool* penggaris. Setelah proses *clip* dan *center hole*, *flat bar* vvtipe 3 menuju proses *taper*, inilah yang membedakan antara *flat bar leaf* tipe 1, *leaf* tipe 2 dan *leaf* tipe 3. Pada proses *taper*, dilakukan dengan memanaskan ujung kanan/kiri *flat bar* ke dalam *end heating machine*, kemudian proses pemipihan dengan *taper roll machine*. Setelah kedua ujung nya memipih, *flat bar* dipotong ujungnya menggunakan *power press*. Setelah semua proses pada departemen *shearing* selesai, *flat bar leaf* 3 dipindahkan ke departemen *heating* menggunakan *forklift*.

Pada proses departemen *heating*, mengalami proses seperti pada material *flat bar leaf* tipe 1 dan 2, yakni melalui proses *heating*, *cambering*, *quenching* dan *tempering*. Setelah dari departemen *heating*, melalui proses *stress shot peening* dan *anti rust painting*. Setelah proses *shearing*, *heating* dan *pre assembly* selesai, *flat bar leaf* 3 dibawa menggunakan *forklift* ke departemen *assembly*.

Setelah leaf 1, 2 dan 3 selesai, maka dilakukan perakitan (*assembling*), dan pemasangan *clip* dan baut tengah. Pemasangan ini menggunakan bantuan mesin agar *leaf spring* lebih kuat. Setelah itu proses pengecekan spesifikasi tinggi *chamber* terhadap beban sehingga didapat rangking dari *leaf spring* sesuai dengan yang diinginkan. Setelah pengecekan tinggi *chamber*, dilakukan pengecatan akhir dengan cat khusus. Setelah cat mengering, diberikan logo perusahaan dan *part number* dari *leaf spring*. Dan proses terakhir adalah melakukan inspeksi 100% pada *leaf spring*, dilakukan pengecekan terhadap meratanya cat, terhadap kekuatan *spring*, *part number spring*, dll. Dan semua *spring* yang dinyatakan lolos tahap inspeksi, disusun kedalam balok (proses *packaging*) untuk memudahkan pengangkutan. Setiap balok tersusun dari 25 *multi leaf spring*.

4.3 Identifikasi Waste

Proses identifikasi *waste* dilakukan dengan menggunakan konsep *waste assessment model*. Dalam melakukan proses identifikasi *waste* yang terjadi, dilakukan :

1. Metode *seven waste relationship* dan *waste relationship matrix* digunakan untuk mengetahui keterkaitan antara pemborosan yang ada.

2. Metode *waste assessment questionnaire* untuk melakukan penilaian jenis pemborosan yang terjadi serta yang bersifat dominan.

Pengumpulan data dilakukan dengan diskusi/wawancara dan menyebarkan kuesioner. Diskusi dilakukan untuk menyatukan persepsi tentang pemahaman terhadap *waste* dan keterkaitan antar *waste*. Sedangkan penyebaran kuesioner dilakukan untuk mendapatkan bobot *waste* dalam identifikasi *waste*.

4.3.1 *Seven Waste Relationship*

Perhitungan keterkaitan antar *waste* dilakukan secara diskusi dengan menggunakan kriteria pembobotan yang dikembangkan Rawabdeh (2005) yang disesuaikan terlebih dahulu dengan kebutuhan dan kondisi perusahaan. Diskusi dilakukan dengan asisten manajer PPIC, asisten manajer QC, dan asisten manajer produksi. Pembobotan bertujuan untuk mengetahui hubungan antar *waste*, mulai dari *absolutely necessary* hingga *important*. Berikut ini merupakan pertanyaan dalam *seven waste relationship*.

Tabel 4. 5 Pertanyaan *Seven Waste Relationship*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah <i>Waste X</i> mengakibatkan atau menghasilkan <i>Waste Y</i>	a. Selalu	4
		b. Kadang-kadang	2
		c. Jarang	0
2	Bagaimanakah hubungan antara <i>Waste X</i> dan <i>Waste Y</i>	a. Jika <i>waste X</i> naik, maka <i>waste Y</i> naik	2
		b. Jika <i>waste X</i> naik, maka <i>waste Y</i> tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak <i>Waste Y</i> dikarenakan <i>Waste X</i>	a. Tampak secara langsung & jelas	4
		b. Butuh waktu untuk terlihat	2
		c. Tidak terlihat	0
4	Sebesar apa dampak <i>Waste X</i> terhadap <i>Waste Y</i> akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

Tabel 4.6 berikut ini merupakan hasil ringkasan dari skor dan tingkat keterkaitan antar *waste* pada proses produksi *leaf spring*.

Tabel 4. 6 Tabulasi Perhitungan Keterkaitan Antar *Waste* Hasil Diskusi

<i>Question Relationship</i>	1	2	3	4	Total Score
O-I	4	2	4	2	12
O-D	2	2	2	2	8
O-M	0	2	0	0	2
O-T	2	2	0	0	4
O-W	0	0	0	2	2
I-O	0	1	0	0	1
I-D	0	1	2	0	3
I-M	2	2	2	2	8
I-T	4	2	2	2	10
D-O	2	2	2	4	10
D-I	4	2	2	0	8
D-M	2	2	2	2	8
D-T	2	1	2	2	7
D-W	2	2	2	4	10
M-I	0	2	0	2	4
M-D	2	2	2	2	8
M-W	2	2	0	2	6
M-P	2	2	2	2	8
T-O	0	1	0	0	1
T-I	2	0	0	0	2
T-D	2	2	2	0	6
T-M	2	1	2	0	5
T-W	2	2	2	2	8
P-O	2	2	2	2	8
P-I	0	0	2	0	2
P-D	2	0	2	0	4
P-M	2	1	2	2	7
W-M	2	1	2	2	7
W-O	2	1	2	2	7
W-I	4	2	4	4	14
W-D	2	2	2	2	8

<i>Waste</i>	
O	<i>Overproduction</i>
I	<i>Inventory</i>
D	<i>Defect</i>
M	<i>Motion</i>
T	<i>Transportation</i>
W	<i>Waiting</i>
P	<i>Processing</i>

Hasil dari total skor di atas, dikonversikan dengan tabel untuk mengetahui hubungan keterkaitan antar *waste*. Tabel konversi menggunakan kategori jenis

hubungan yang sama dengan yang dikembangkan Rawabdeh (2005), namun *range* disesuaikan dengan jumlah pertanyaan yang digunakan.

Tabel 4. 7 Konversi Rentang Skor Keterkaitan Antar *Waste*

Range	Jenis Hubungan	Simbol
12-14	<i>Absolutely necessary</i>	A
9-11	<i>Especially Important</i>	E
6-8	<i>Important</i>	I
3-5	<i>Ordinary Closeness</i>	O
1-2	<i>Unimportant</i>	U
0	<i>No relation</i>	X

Tabel 4.8 di bawah ini merupakan hasil keterkaitan antar *waste*.

Tabel 4. 8 Keterkaitan Antar *Waste*

<i>Question Relationship</i>	Total Skor	Tingkat Keterkaitan
O-I	12	A
O-D	8	I
O-M	2	U
O-T	4	O
O-W	2	U
I-O	1	U
I-D	3	O
I-M	8	I
I-T	10	E
D-O	10	E
D-I	8	I
D-M	8	I
D-T	7	I
D-W	10	E
M-I	4	O
M-D	8	I
M-W	6	I
M-P	8	I
T-O	1	U
T-I	2	U
T-D	6	I
T-M	5	O

<i>Question Relationship</i>	Total Skor	Tingkat Keterkaitan
T-W	8	I
P-O	8	I
P-I	2	U
P-D	4	O
P-M	7	I
W-M	7	I
W-O	7	I
W-I	14	A
W-D	8	I

4.3.2 Waste Relationship Matrix

Berdasarkan hasil keterkaitan antar *waste* pada Tabel 4.8, maka dapat dibuat *waste relationship matrix* dari relasi antar *waste*. Berikut ini merupakan *waste relationship matrix* proses produksi *leaf spring*.

Tabel 4. 9 *Waste Relationship Matrix*

F/T	O	I	D	M	T	P	W	Jenis Hubungan	Simbol
O	A	A	I	U	O	X	U	<i>Absolutely necessary</i>	A
I	U	A	O	I	E	X	X	<i>Especially Important</i>	E
D	E	I	A	I	I	X	E	<i>Important</i>	I
M	X	O	I	A	X	I	E	<i>Ordinary Closeness</i>	O
T	U	U	I	O	A	X	I	<i>Unimportant</i>	U
P	I	U	O	I	X	A	X	<i>No relation</i>	X
W	I	A	I	I	X	X	A		

Dari *waste relationship matrix* tersebut, dilakukan konversi nilai dengan acuan yang diberikan oleh Rawabdeh (2005), yakni A=10 ; E = 8 ; I = 6 ; O=4 ; U=2 dan X=0. Berikut ini merupakan *waste matrix value* hasil konversi *waste relationship matrix* pada proses produksi *leaf spring*.

Tabel 4. 10 *Waste Matrix Value*

F/T	O	I	D	M	T	P	W	Score	%
O	10	10	6	2	4	0	2	34	0.14
I	2	10	4	6	8	0	0	30	0.13
D	8	6	10	6	6	0	8	44	0.18
M	0	4	6	10	0	6	8	34	0.14
T	2	2	6	4	10	0	6	30	0.13
P	6	2	4	6	0	10	0	28	0.12
W	6	10	6	6	0	0	10	38	0.16
Score	34	44	42	40	28	16	34	238	1
%	0.143	0.185	0.176	0.168	0.118	0.067	0.143	1	

Berdasarkan Tabel 4.10, nilai dari *from defect* dan *from waiting* memiliki prosentase yang paling besar, yakni berturut-turut 18% dan 16%, yang berarti bahwa *waste defect* dan *waste waiting* jika terjadi, maka memiliki pengaruh yang cukup besar untuk dapat menimbulkan atau menyebabkan *waste* yang lain. Selain itu, nilai *to inventory* dan *to defect* memiliki prosentase yang paling besar yakni berturut-turut 18.5% dan 17.6%. Hal ini dapat mengindikasikan bahwa *waste inventory* dan *waste defect* merupakan *waste* yang paling banyak diakibatkan oleh *waste* yang lain.

4.3.3 *Waste Assessment Questionnaire*

Waste Assessment Questionnaire ini terdiri atas 25 pertanyaan yang berbeda. Beberapa pertanyaan ditandai dengan tulisan “*from*” dan “*to*”. Pertanyaan jenis “*from*” menjelaskan bahwa jenis *waste* tersebut dapat memicu munculnya jenis *waste* lainnya berdasarkan WRM. Sedangkan pertanyaan jenis “*to*” menjelaskan bahwa *waste* yang ada dapat terjadi karena dipengaruhi oleh *waste* lainnya. Masing-masing pertanyaan memiliki jawaban ya, sedang dan tidak. Dimana skor untuk ketiga jenis pilihan jawaban kuesioner tersebut dibagi menjadi 2 kategori, yakni :

1. Kategori A, jika jawaban “Ya” maka skor 1, jawaban “Sedang” memiliki skor 0.5 dan jawaban “Tidak” memiliki skor 0.
2. Kategori B, jika jawaban “Ya” maka skor 0, jawaban “Sedang” memiliki skor 0.5 dan jawaban “Tidak” memiliki skor 1.

Pengukuran peringkat *waste* mengikuti langkah sebagai berikut :

1. Menghitung jumlah pertanyaan kuesioner yang tergolong dalam pertanyaan “*from*” dan “*to*” dari masing-masing jenis *waste*

Tabel 4. 11 Jumlah Jenis Pertanyaan *To* dan *From*

No	Jenis Pertanyaan	Total (Ni)
1	<i>From Overproduction</i>	2
2	<i>From Inventory</i>	3
3	<i>From Defects</i>	3
4	<i>From Motion</i>	2
5	<i>From Transportation</i>	1
6	<i>From Process</i>	2
7	<i>From Waiting</i>	3
8	<i>To Defects</i>	2
9	<i>To Motion</i>	3
10	<i>To Transportation</i>	1
11	<i>To Waiting</i>	3
Jumlah Pertanyaan		25

2. Memasukkan nilai dari tiap pertanyaan berdasarkan *waste relationship matrix* yang telah dikonversikan kedalam *waste matrix value*

Tabel 4. 12 Nilai Awal Berdasarkan *Waste Matrix Value*

No	Kategori	Hubungan	O	I	D	M	T	P	W
1	<i>Man</i>	<i>To Motion</i>	2	6	6	10	4	6	6
2	<i>Material</i>	<i>From Defect</i>	8	6	10	6	6	0	8
3		<i>From Inventory</i>	2	10	4	6	8	0	0
4		<i>To Defect</i>	6	4	10	6	6	4	6
5		<i>From Defect</i>	8	6	10	6	6	0	8
6		<i>From Transportation</i>	2	2	6	4	10	0	6
7		<i>From Motion</i>	0	4	6	10	0	6	8
8		<i>From Inventory</i>	2	10	4	6	8	0	0
9		<i>From Inventory</i>	2	10	4	6	8	0	0
10		<i>From Over Production</i>	10	10	6	2	4	0	2
11	<i>Machine</i>	<i>From Process</i>	6	2	4	6	0	10	0

No	Kategori	Hubungan	O	I	D	M	T	P	W
12		To Waiting	2	0	8	8	6	0	10
13		From Over Production	10	10	6	2	4	0	2
14		From Waiting	6	10	6	6	0	0	10
15		From Waiting	6	10	6	6	0	0	10
16		To Motion	2	6	6	10	4	6	6
17	Method	To Transportation	4	8	6	0	10	0	0
18		To Waiting	2	0	8	8	6	0	10
19		From Defect	8	6	10	6	6	0	8
20		From Motion	0	4	6	10	0	6	8
21		To Waiting	2	0	8	8	6	0	10
22		To Defect	6	4	10	6	6	4	6
23		To Motion	2	6	6	10	4	6	6
24		From Process	6	2	4	6	0	10	0
25		From Waiting	6	10	6	6	0	0	10
Total Skor			110	146	166	160	112	58	140

3. Membagi tiap nilai awal dalam satu baris dengan jumlah pertanyaan yang dikelompokkan (Ni) untuk menghilangkan efek dari variasi jumlah pertanyaan setiap jenis pertanyaan. Serta dilakukan perhitungan total skor (Sj) dan frekuensi nya (Fj)

Tabel 4. 13 Nilai Pertanyaan dibagi Ni dan Jumlah Skor (Sj) dan Frekuensi (Fj)

Kategori	Hubungan	Ni	O	I	D	M	T	P	W
Man	To Motion	3	0.67	2.00	2.00	3.33	1.33	2.00	2.00
Material	From Defect	3	2.67	2.00	3.33	2.00	2.00	0.00	2.67
	From Inventory	3	0.67	3.33	1.33	2.00	2.67	0.00	0.00
	To Defect	2	3.00	2.00	5.00	3.00	3.00	2.00	3.00
	From Defect	3	2.67	2.00	3.33	2.00	2.00	0.00	2.67
	From Transportation	1	2.00	2.00	6.00	4.00	10.00	0.00	6.00
	From Motion	2	0.00	2.00	3.00	5.00	0.00	3.00	4.00
	From Inventory	3	0.67	3.33	1.33	2.00	2.67	0.00	0.00
	From Inventory	3	0.67	3.33	1.33	2.00	2.67	0.00	0.00
	From Over Production	2	5.00	5.00	3.00	1.00	2.00	0.00	1.00
Machine	From Process	2	3.00	1.00	2.00	3.00	0.00	5.00	0.00
	To Waiting	3	0.67	0.00	2.67	2.67	2.00	0.00	3.33
	From Over	2	5.00	5.00	3.00	1.00	2.00	0.00	1.00

Kategori	Hubungan	Ni	O	I	D	M	T	P	W
	<i>Production</i>								
	<i>From Waiting</i>	3	2.00	3.33	2.00	2.00	0.00	0.00	3.33
	<i>From Waiting</i>	3	2.00	3.33	2.00	2.00	0.00	0.00	3.33
	<i>To Motion</i>	3	0.67	2.00	2.00	3.33	1.33	2.00	2.00
<i>Method</i>	<i>To Transportation</i>	1	4.00	8.00	6.00	0.00	10.00	0.00	0.00
	<i>To Waiting</i>	3	0.67	0.00	2.67	2.67	2.00	0.00	3.33
	<i>From Defect</i>	3	2.67	2.00	3.33	2.00	2.00	0.00	2.67
	<i>From Motion</i>	2	0.00	2.00	3.00	5.00	0.00	3.00	4.00
	<i>To Waiting</i>	3	0.67	0.00	2.67	2.67	2.00	0.00	3.33
	<i>To Defect</i>	2	3.00	2.00	5.00	3.00	3.00	2.00	3.00
	<i>To Motion</i>	3	0.67	2.00	2.00	3.33	1.33	2.00	2.00
	<i>From Process</i>	2	3.00	1.00	2.00	3.00	0.00	5.00	0.00
	<i>From Waiting</i>	3	2.00	3.33	2.00	2.00	0.00	0.00	3.33
Total Skor (Sj)			48.00	62.00	72.00	64.00	54.00	26.00	56.00
Frekuensi (Fj)			23	22	25	24	18	9	19

Contoh menghitung bobot awal *waste* kategori *man*, hubungan *to motion*,

Jenis *waste overproduction* :

$$Ni = 3$$

$$\text{Nilai awal (Tabel 4.12)} = 2$$

$$\text{Nilai} = \text{Nilai awal (Tabel 4.12)} : Ni$$

$$= 2 : 3$$

$$= 0.67$$

Contoh menghitung Total Skor (Sj), pada jenis *waste overproduction* :

$$\begin{aligned}
 Sj \text{ Overproduction} &= 0.67 + 2.67 + 0.67 + 3.00 + 2.67 + 2.00 + 0.00 + 0.67 + \\
 &\quad 0.67 + 5.00 + 3.00 + 0.67 + 5.00 + 2.00 + 2.00 + 0.67 + \\
 &\quad 4.00 + 0.67 + 2.67 + 0.00 + 0.67 + 3.00 + 0.67 + 3.00 + \\
 &\quad 2.00 \\
 &= 48.00
 \end{aligned}$$

Contoh menghitung Frekuensi (Fj), pada jenis *waste overproduction* :

$$\begin{aligned}
 Fj \text{ Overproduction} &= \text{Jumlah waste yang skornya bukan 0} \\
 &= 23
 \end{aligned}$$

4. Memasukkan nilai dari hasil kuesioner (1, 0.5, atau 0) kedalam tiap bobot nilai di tabel dengan cara mengalikannya

Tabel 4. 14 Hasil Kuesioner WAQ

No	Hubungan	Manajer Produksi	Asisten Manajer Produksi	Asisten Manajer QC	Asisten Manajer PPIC	Supervisor Bagian Produksi	Rata-rata
1	<i>To Motion</i>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	<i>From Defect</i>	0.5	1.0	1.0	1.0	0.5	0.8
3	<i>From Inventory</i>	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
4	<i>To Defect</i>	0.5	0.5	0.5	0.5	0.0	0.4
5	<i>From Defect</i>	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.3
6	<i>From Transportation</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.1
7	<i>From Motion</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	<i>From Inventory</i>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
9	<i>From Inventory</i>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	<i>From Over Production</i>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
11	<i>From Process</i>	0.0	0.5	0.5	0.5	0.0	0.3
12	<i>To Waiting</i>	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.2
13	<i>From Over Production</i>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
14	<i>From Waiting</i>	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.8
15	<i>From Waiting</i>	0.0	0.5	0.0	0.0	0.5	0.2
16	<i>To Motion</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.1
17	<i>To Transportation</i>	0.0	0.5	0.0	0.0	0.5	0.2
18	<i>To Waiting</i>	0.5	0.5	1.0	1.0	0.5	0.7
19	<i>From Defect</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	<i>From Motion</i>	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
21	<i>To Waiting</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	<i>To Defect</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	<i>To Motion</i>	1.0	0.5	0.5	0.0	0.5	0.5
24	<i>From Process</i>	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
25	<i>From Waiting</i>	0.5	0.0	0.5	0.5	0.0	0.3

Dari hasil kuesioner WAQ Tabel 4.14 di atas, rata-rata hasil skor digunakan sebagai bobot atau *weight* untuk menghitung nilai yang baru, serta menghitung total skor (sj) dan frekuensi (fj) yang baru.

Tabel 4. 15 Hasil Total Skor (sj) dan Frekuensi (fj) Hasil Kali dengan *Weight*

Kategori	Hubungan	Weight	O	I	D	M	T	P	W
<i>Man</i>	<i>To Motion</i>	1.0	0.67	2.00	2.00	3.33	1.33	2.00	2.00
<i>Material</i>	<i>From Defect</i>	0.8	2.00	2.00	3.00	2.00	2.00	0.00	2.00
	<i>From Inventory</i>	0.5	0.33	1.67	0.67	1.00	1.33	0.00	0.00
	<i>To Defect</i>	0.4	1.20	0.80	2.00	1.20	1.20	0.80	1.20
	<i>From Defect</i>	0.3	0.80	0.60	1.00	0.60	0.60	0.00	0.80
	<i>From Transportation</i>	0.1	0.20	0.20	0.60	0.40	1.00	0.00	0.60
	<i>From Motion</i>	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>From Inventory</i>	1.0	0.67	3.33	1.33	2.00	2.67	0.00	2.67
	<i>From Inventory</i>	1.0	0.67	3.33	1.33	2.00	2.67	0.00	0.00
	<i>From Over Production</i>	1.0	5.00	5.00	3.00	1.00	2.00	0.00	1.00
<i>Machine</i>	<i>From Process</i>	0.3	0.90	0.30	0.60	0.90	0.00	1.50	0.00
	<i>To Waiting</i>	0.2	0.13	0.00	0.53	0.53	0.40	0.00	0.67
	<i>From Over Production</i>	1.0	5.00	5.00	3.00	1.00	2.00	0.00	1.00
	<i>From Waiting</i>	0.8	1.60	2.67	1.60	1.60	0.00	0.00	2.67
	<i>From Waiting</i>	0.2	0.40	0.67	0.40	0.40	0.00	0.00	0.67
	<i>To Motion</i>	0.1	0.07	0.20	0.20	0.33	0.13	0.20	0.20
<i>Method</i>	<i>To Transportation</i>	0.2	0.80	1.60	1.20	0.00	2.00	0.00	0.00
	<i>To Waiting</i>	0.7	0.47	0.00	1.87	1.87	1.40	0.00	2.33
	<i>From Defect</i>	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>From Motion</i>	0.5	0.00	1.00	1.50	2.50	0.00	1.50	2.00
	<i>To Waiting</i>	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>To Defect</i>	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>To Motion</i>	0.5	0.33	1.00	1.00	1.67	0.67	1.00	1.00
	<i>From Process</i>	0.5	1.50	0.50	1.00	1.50	0.00	2.50	0.00
	<i>From Waiting</i>	0.3	0.60	1.00	0.60	0.60	0.00	0.00	1.00
Total Skor (sj)			22.07	32.47	28.10	26.03	21.00	9.50	24.12
Frekuensi (fj)			20	19	21	20	15	7	16

Contoh menghitung nilai *waste* kategori *man*, hubungan *to motion*, Jenis *waste overproduction* :

Weight = 1

Nilai awal (Tabel 4.14) = 0.67

Nilai = Nilai awal (Tabel 4.12) : Ni

= 0.67 : 1

= 0.67

Contoh perhitungan total skor (sj) baru, pada jenis *waste overproduction* :

$$\begin{aligned} sj \text{ Overproduction} &= 0.67 + 2.00 + 0.33 + 1.20 + 0.80 + 0.20 + 0.00 + 0.67 + \\ &\quad 0.67 + 5.00 + 0.90 + 0.13 + 5.00 + 1.60 + 0.40 + 0.67 + \\ &\quad 0.80 + 0.47 + 0.00 + 0.00 + 0.00 + 0.00 + 0.33 + 1.50 + \\ &\quad 0.60 \\ &= 22.07 \end{aligned}$$

Contoh perhitungan frekuensi (fj) baru, pada jenis *waste overproduction* :

$$\begin{aligned} fj \text{ Overproduction} &= \text{Jumlah waste yang skornya bukan 0} \\ &= 20 \end{aligned}$$

5. Menghitung indikator awal untuk tiap *waste* (Yj), menghitung nilai *final waste factor* (Yj *final*) dengan memasukkan faktor probabilitas pengaruh antar jenis *waste* (Pj) berdasarkan total “*from*” dan “*to*” pada WRM. Kemudian memprosentasekan bentuk *final waste factor* yang diperoleh sehingga bisa diketahui peringkat level dari masing-masing *waste*.

Tabel 4. 16 Rekapitulasi Hasil *Waste Assessment*

	O	I	D	M	T	P	W
<i>Score</i> (Yj)	0.39	0.45	0.33	0.34	0.32	0.28	0.36
<i>Pj Factor</i>	204.08	233.03	326.25	240.10	148.29	79.09	228.09
<i>Final Result</i> (Yj <i>Final</i>)	81.58	105.38	106.96	81.39	48.06	22.48	82.74
<i>Final Result</i> (%)	0.154	0.199	0.202	0.153	0.090	0.0425	0.157
Rank	4	2	1	5	6	7	3

Contoh perhitungan Yj, untuk tipe *waste overproduction* :

$$\begin{aligned} Yj \text{ overproduction} &= \frac{sj}{Sj} \times \frac{fj}{Fj} \\ &= \frac{22.07}{48} \times \frac{20}{23} \\ &= 0.39 \end{aligned}$$

Contoh Perhitungan Pj *factor*, untuk tipe *waste overproduction* :

$$\begin{aligned} Pj \text{ Factor} &= \text{Skor overproduction "From"} \times \text{Skor overproduction "To"} \\ &= 14.28 \times 14.28 \\ &= 204.08 \end{aligned}$$

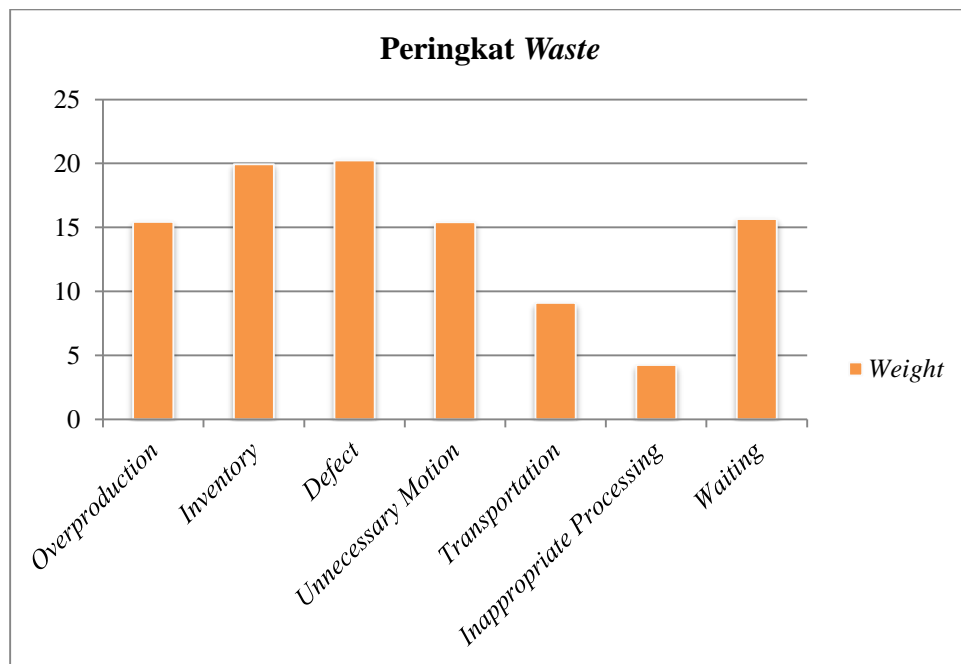
Contoh Perhitungan Yj *final*, untuk tipe *waste overproduction* :

$$\begin{aligned}
 Y_j \text{ Final} &= Y_j \text{ overproduction} \times P_j \text{ Factor} \\
 &= 0.39 \times 204.08 \\
 &= 81.58
 \end{aligned}$$

Contoh Perhitungan *final result* (%), untuk tipe *waste overproduction* :

$$\begin{aligned}
 \text{Final result (\%)} &= \frac{Y_j \text{ final overproduction}}{\text{Total } Y_j} \\
 &= \frac{81.58}{528.59} \\
 &= 0.154
 \end{aligned}$$

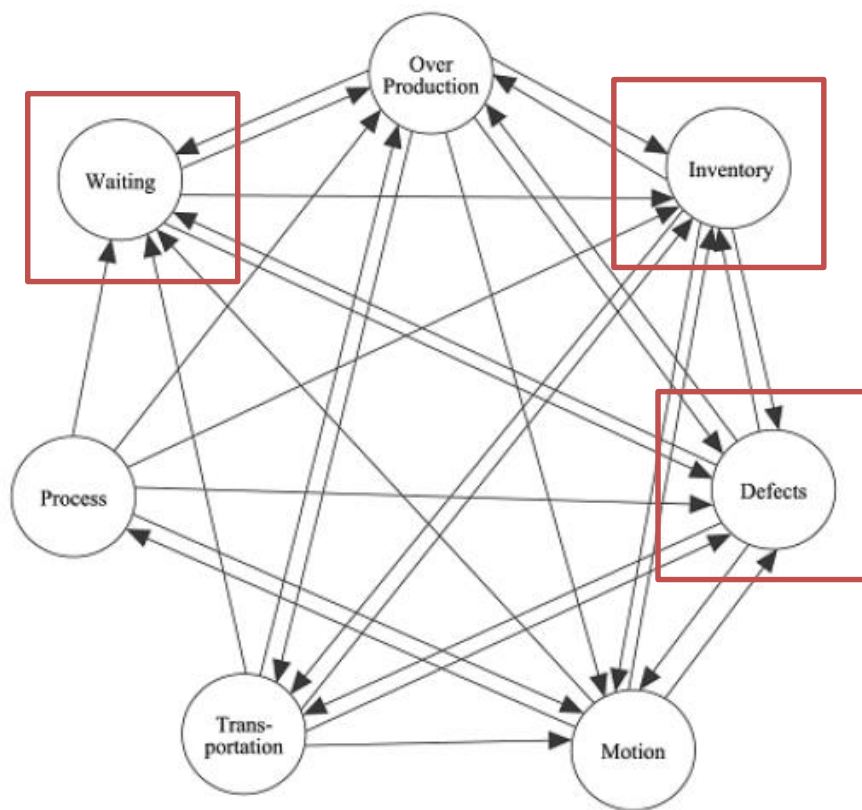
Berdasarkan Tabel 4.16, dapat dilihat peringkat *waste* dalam bentuk grafik sebagai berikut :



Gambar 4. 9 Grafik Peringkat Hasil Perhitungan *Waste Assessment*

Berdasarkan gambar grafik di atas, maka dapat diketahui bahwa *defect* merupakan *waste* terbesar dengan prosentase 20.23 %, *waste* urutan kedua adalah *inventory* dengan prosentase 19.93 % dan *waste* urutan ketiga adalah *waiting* dengan prosentase 15.65%.

Hasil tersebut sejalan dengan penggambaran hubungan antar waste yang digambarkan oleh Rawabdeh (2005), dimana *waste* yang erat memiliki hubungan dengan *waste* yang lain merupakan *waste* yang memiliki jumlah anak panah masuk dan keluar yang paling besar. Dimana pada Gambar 4.10 tersebut menunjukkan bahwa *waste* yang memiliki jumlah anak panah masuk dan keluar paling banyak berturut-turut adalah *defect*, *inventory*, *overproduction*, *motion*, *waiting*, *transportation* dan *process*. Sehingga, berdasarkan hasil akhir *waste assessment model* yakni *waste defect*, *inventory*, *waiting* merupakan *waste* paling kritis yang terjadi dan memiliki hubungan paling kuat dengan *waste* lain.



Gambar 4. 10 Hubungan Antar *Waste* “Modifikasi dari Rawabdeh (2005)”

4.4 Value Stream Mapping Analysis

Konsep VALSAT digunakan dalam pemilihan *value stream analysis tools* dengan cara mengalikan hasil pembobotan *waste* dengan skala yang terdapat pada tabel VALSAT dalam buku Hines dan Taylor (2000). Berikut ini merupakan hasil pembobotan dengan menggunakan VALSAT.

Tabel 4. 17 Hasil Pembobotan VALSAT

<i>Waste</i>	<i>Weight</i>	PAM	SCRM	PVT	QFM	DAM	DPA	PSM
<i>Overproduction</i>	15.43	15.43	46.29		15.43	46.29	46.29	
<i>Inventory</i>	19.94	59.82	179.46	59.82		179.46	59.82	19.94
<i>Defect</i>	20.23	20.23			182.07			
<i>Unnecessary Motion</i>	15.40	138.60	15.40					
<i>Transportation</i>	9.09	81.81						9.09
<i>Inappropriate Processing</i>	4.25	38.27		12.76	4.25		4.25	
<i>Waiting</i>	15.65	140.85	140.85	15.65		46.95	46.95	
TOTAL		495.01	382.00	88.23	201.75	272.70	157.31	29.03

Berdasarkan peringkat *value stream analysis tools* di atas, *process activity mapping* memiliki total paling besar, yakni 495.01. Sehingga *tool* yang digunakan adalah *process activity mapping*. *Process activity mapping* digunakan untuk mengetahui proporsi dari kegiatan yang termasuk *value added*, *non value added* dan *necessary but non value added*. Selain itu dilakukan klasifikasi aktivitas kedalam kategori *operation* (O), *transport* (T), *Inspection* (I), *storage* (S) dan *Delay* (D). Berikut ini merupakan hasil pengklasifikasian aktivitas pada masing-masing proses produksi :

Tabel 4. 18 *Process Activity Mapping* Proses Produksi *Multi Leaf Spring* Lokal

Deskripsi Aktivitas	Mesin	Waktu (Menit)	Jumlah Operator	Aktivitas					Tipe Aktivitas		
				O	T	I	S	D	VA	NVA	NNVA
Menunggu material dikirim dari gudang <i>raw material</i>		1									
Mengirimkan material kepada departemen <i>shearing</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
<i>Set up</i> mesin <i>shearing</i> (tipe 1)		1									
Proses <i>shearing</i> tipe 1	<i>Cutting Machine</i>	16.67	1								
Pemindahan material tipe 1 ke proses <i>eye forming</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
<i>set up</i> mesin <i>end heating</i> (tipe 1)		1									
<i>set up</i> mesin <i>eye forming</i> (berlin) (tipe 1)		1									
Proses <i>eye forming</i> (berlin) (tipe 1)	<i>End Heating & Eye Forming Machine</i>	55	1								
<i>set up</i> mesin <i>eye forming</i> (tipe 1)		1									
Proses <i>eye forming</i> (tipe 1)	<i>End Heating & Eye Forming Machine</i>	55	1								
pemindahan material ke proses <i>center hole</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
<i>set up</i> mesin <i>power press</i>		1									
Proses pembentukan <i>center hole</i>	<i>Power Press</i>	16.67	1								
Pemindahan material ke departemen <i>heating</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
<i>Set up</i> mesin <i>heating</i>		1									

Deskripsi Aktivitas	Mesin	Waktu (Menit)	Jumlah Operator	Aktivitas					Tipe Aktivitas		
				O	T	I	S	D	VA	NVA	NNVA
Menunggu suhu optimum		8									
Proses <i>Heating</i>	<i>Heating furnace</i>	23.3	2								
Proses <i>Cambering</i>	<i>Press Quenching Machine</i>	16.67									
Proses <i>Quenching</i>	<i>Quenching Machine</i>	13.3									
Proses <i>Tempering</i>	<i>Tempering Furnace</i>	15									
Pemindahan material ke departemen <i>pre assembly</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
<i>Set up</i> mesin SSP		1									
Proses <i>stress shot peening</i>	<i>Peening Machine</i>	20	2								
Pemindahan material ke <i>primary painting</i>	<i>Forklift</i>	2									
Proses pengecat-an	<i>Dipping Machine</i>	97	1								
Pemindahan material ke <i>bushing</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
Penyiapan <i>bushing</i>		3									
Pemasangan <i>bushing</i> pada material tipe 1	<i>Press Bushing Machine</i>	37	1								
<i>waiting</i> pada proses <i>assembly</i>		156.67									
Mengirimkan material kepada departemen <i>shearing</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
<i>Set up</i> mesin <i>shearing</i> (tipe 2)		1									
Proses <i>shearing</i> tipe 2	<i>Cutting Machine</i>	16.67	1								
pemindahan material tipe 2 ke proses <i>silincer</i>	<i>Forklift</i>	2	1								

Deskripsi Aktivitas	Mesin	Waktu (Menit)	Jumlah Operator	Aktivitas					Tipe Aktivitas		
				O	T	I	S	D	VA	NVA	NNVA
Pengukuran dan pemberian tanda jarak lubang <i>silincer</i>	Penggaris	33.34	1								
<i>set up</i> mesin <i>punch</i>		1									
proses <i>silincer hole</i>	<i>Punch Machine</i>	16.67	1								
pemindahan material ke proses <i>center hole</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
<i>set up</i> mesin <i>power press</i>		1									
Proses pembentukan <i>center hole</i>	<i>Power Press</i>	16.67	1								
Pemindahan material tipe 2 ke proses <i>wrapper forming</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
<i>set up</i> mesin <i>end heating</i> (tipe 2)		1									
<i>set up</i> mesin <i>wrapper forming</i> (tipe 2)		1									
Proses <i>wrapper forming</i> (tipe 2)	<i>End Heating & Wrapper Forming Machine</i>	100	1								
Pemindahan material tipe 2 ke departemen <i>heating</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
<i>Delay</i> mengantri di departemen <i>heating</i>		2									
Memeriksa kesesuaian suhu		1									
Proses <i>Heating</i>	<i>Heating furnace</i>	23.3	2								
Proses <i>Cambering</i>	<i>Press Quenching Machine</i>	16.67									
Proses <i>Quenching</i>	<i>Quenching Machine</i>	13.3									

Deskripsi Aktivitas	Mesin	Waktu (Menit)	Jumlah Operator	Aktivitas					Tipe Aktivitas		
				O	T	I	S	D	VA	NVA	NNVA
Proses <i>Tempering</i>	<i>Tempering Furnace</i>	15									
Pemindahan material ke departemen <i>pre assembly</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
<i>Set up</i> mesin SSP		1									
Proses <i>stress shot peening</i>	<i>Peening Machine</i>	20	2								
Pemindahan material ke <i>primary painting</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
<i>Delay</i> mengantri di departemen <i>primary painting</i>		116.67									
Proses pengecat-an	<i>Dipping Machine</i>	97	1								
<i>Waiting</i> pada proses <i>assembly</i>		101.67									
Menunggu material dikirim dari gudang <i>raw material</i>		2									
Mengirimkan material kepada departemen <i>shearing</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
<i>Set up</i> mesin <i>shearing</i> (tipe 3)		1									
Proses <i>shearing</i> tipe 3	<i>Cutting Machine</i>	16.67	1								
pemindahan material tipe 3 ke proses <i>taper</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
<i>set up</i> mesin <i>punch</i>		1									
<i>set up</i> mesin <i>end heating</i> (tipe 3)		1									
<i>set up</i> mesin <i>taper roll</i> (tipe 3)		1									
Proses <i>taper</i>	<i>Punch Machine, End Heating,</i>	20	2								

Deskripsi Aktivitas	Mesin	Waktu (Menit)	Jumlah Operator	Aktivitas					Tipe Aktivitas		
				O	T	I	S	D	VA	NVA	NNVA
	<i>Taper Roll machine</i>										
pemindahan material ke proses <i>center hole</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
<i>set up mesin power press</i>		1									
Proses pembentukan <i>center hole</i>	<i>Power Press</i>	16.67	1								
Pemindahan material tipe 2 ke proses <i>clip hole</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
Pengukuran dan pemberian tanda jarak lubang <i>clip</i>	Penggaris	33.34	1								
<i>set up mesin power press 2</i>		1									
Proses <i>Clip Hole</i>	<i>Punh Machine</i>	16.67	1								
Pemindahan material tipe 2 ke departemen <i>heating</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
Mengantri pada departemen <i>heating</i>		86.67									
Mengecek kesesuaian suhu		1									
Proses <i>Heating</i>	<i>Heating furnace</i>	23.3	2								
Proses <i>Cambering</i>	<i>Press Quenching Machine</i>	16.67									
Proses <i>Quenching</i>	<i>Quenching Machine</i>	13.3									
Proses <i>Tempering</i>	<i>Tempering Furnace</i>	15									
Pemindahan material ke departemen <i>pre assembly</i>	<i>Forklift</i>	2	1								

Deskripsi Aktivitas	Mesin	Waktu (Menit)	Jumlah Operator	Aktivitas					Tipe Aktivitas		
				O	T	I	S	D	VA	NVA	NNVA
<i>Set up mesin SSP</i>		1									
Proses <i>stress shot peening</i>	<i>Peening Machine</i>	20	1								
Pemindahan material ke <i>primary painting</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
Mengantri di departemen <i>primary painting</i>		190									
Proses pengecat-an	<i>Dipping Machine</i>	97	1								
Menyatukan 3 tipe (<i>assembling</i>)		41.67									
Memasang <i>clip</i> (proses <i>clip clamping</i>)	<i>Clip clamping machine</i>	28.3	1								
Memasang baut <i>center hole</i>		28.3									
Proses <i>setting & load testing</i>	<i>Setting & Load Test Machine</i>	41.67	1								
Pemindahan material ke proses <i>final painting</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
Pengisian cat dan <i>set up mesin</i>		5									
proses <i>final painting</i>	<i>Painting Machine</i>	46.67	1								
Proses pengeringan cat		5									
Pemberian <i>part no</i> dan logo		28.3									
Pemindahan material ke OGI	<i>Forklift</i>	5	1								
Proses <i>final inspection</i>		120									
Proses <i>packaging</i>		30									
Menunggu kapasitas maksimum <i>truck</i> terpenuhi		450									

Deskripsi Aktivitas	Mesin	Waktu (Menit)	Jumlah Operator	Aktivitas					Tipe Aktivitas		
				O	T	I	S	D	VA	NVA	NNVA
Transfer ke <i>Truck</i>	<i>Forklift</i>	25	1								
Transfer ke Gudang Barang Jadi	<i>Truck</i>	45	1								
Penyimpanan dalam gudang barang jadi	<i>Forklift</i>										

Tabel 4. 19 Jumlah dan Proporsi Waktu Setiap Aktivitas

Aktivitas	Jumlah	Waktu	Prosentase	VA	NNVA	NVA
<i>Operation</i>	62	1297.76	48.8%	36	24	2
<i>Transportation</i>	25	119	4.4%		25	
<i>Inspection</i>	3	122	4.6%		3	
<i>Storage</i>	1		0%		1	
<i>Delay</i>	11	1117.71	42.2%		1	10
TOTAL	102	2656.47	1.00	36	54	12

Berdasarkan Tabel 4.19 di atas, terdapat 102 aktivitas dalam memproduksi *leaf spring*, yang terbagi atas 36 aktivitas *value added*, 12 aktivitas *non value added*, dan 54 aktivitas *necessary but non value added*. Berdasarkan tipe aktivitas pada *process activity mapping*, terdapat 62 aktivitas tipe *operation*, 25 tipe aktivitas *transportation*, 3 aktivitas *inspection*, 1 aktivitas *storage* dan 11 aktivitas *delay*. Dengan prosentase terbesar pada aktivitas *operation* 48.8% dan *delay* 42.2%.

BAB 5

ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai analisis pada hasil *waste* kritis yang telah diperoleh menggunakan *waste assessment model*, *value stream analysis tools* serta analisis *waste* kritis dengan menggunakan metode *root cause analysis* dan *failure mode and effect analysis*.

5.1 Analisis Waste Kritis Berdasarkan Waste Assessment Model dan Value Stream Analysis Tools.

Dalam memproduksi *leaf spring*, banyak faktor yang dapat menyebabkan timbulnya *waste*. Untuk mengetahui *waste* tersebut, perlu dilakukan identifikasi *waste* dengan menggunakan *waste assessment model*. Dengan *waste assessment model* dapat diketahui *waste* yang paling tinggi yakni pada urutan pertama sampai *waste* yang terendah yakni pada urutan ke-tujuh. Berdasarkan hasil diskusi, wawancara, serta kuesioner yang diberikan kepada manajer produksi, asisten manajer produksi, asisten manajer PPIC, asisten manajer QC dan supervisor bagian produksi dengan menggunakan *waste assessment model*, dapat diketahui bahwa *waste* pada urutan pertama sampai urutan terakhir adalah *defect*, *inventory*, *waiting*, *overproduction*, *motion*, *transportation*, dan *processing*.

Sedangkan berdasarkan penggolongan tipe aktivitas yang terdiri dari aktivitas *value added*, aktivitas *non value added*, dan aktivitas *necessary but non value added*, terdapat 36 aktivitas *value added*, 12 aktivitas *non value added*, dan 54 aktivitas *necessary but non value added*. Terjadinya aktivitas *necessary but non value added* banyak disebabkan karena banyaknya *set up* pada mesin yang dilakukan serta transportasi untuk memindahkan material dari proses satu ke proses yang lain.

Aktivitas *non value added* perlu dikurangi agar produktivitas meningkat. Terdapat 2 aktivitas operasi *non value added*, yakni pada proses pemberian tanda pada lubang *clip* dan *silincer*. Selain itu proses *non value added* berupa *delay* juga

perlu dikurangi. Sehingga dapat mengurangi *lead time* produksi, dan dapat meningkatkan produktivitas.

Berdasarkan Tabel 4.18, penggolongan aktivitas dengan menggunakan *process activity mapping*, terdapat 62 proses *operation*, 25 proses *transportation*, 3 proses *inspection*, 1 proses *storage*, dan 11 proses *delay*. Proses yang memiliki total prosentase waktu terbanyak adalah proses *operation* 48.8% dan proses *delay* 42.2%. Dalam hal ini, proses *delay* yang sebagian besar merupakan aktivitas *non value added* memiliki prosentase terbesar kedua. Hal ini sesuai dengan hasil *waste assessment model*, dimana *waste waiting* merupakan *waste* terbesar urutan ke-3.

Sehingga berdasarkan *waste assessment model* dan *process activity mapping*, maka *waste* yang akan diidentifikasi akar penyebabnya adalah *waste defect*, *inventory* dan *waiting*.

5.2 Root Cause Analysis pada Waste Kritis

Pada bagian ini akan dilakukan serta dijelaskan mengenai *root cause* dari masing-masing *waste* kritis, yakni *defect*, *waiting*, dan *inventory* dengan menggunakan *tool 5 why's*. Hasil RCA dilakukan berdasarkan hasil wawancara dan pengamatan yang didukung dengan data maupun gambar yang diperoleh peneliti selama melakukan pengamatan di lantai produksi.

5.2.1 Defect

Waste defect merupakan *waste* paling kritis pada proses produksi *multi leaf spring* lokal dan menjadi prioritas perbaikan. Hal ini disebabkan karena *waste defect* menyebabkan proses produksi *multi leaf spring* lokal terganggu, menyebabkan keterlambatan pengiriman dan menimbulkan kerugian bagi perusahaan. Beberapa *sub waste* yang menyebabkan *waste defect* antara lain adalah banyak ditemukan cacat pada departemen *outgoing inspection* (OGI), material berkarat sebelum digunakan, dan kualitas material *flat bar* yang fluktuatif. Berikut merupakan analisis 5 *why's* masing-masing *sub waste defect*.

Tabel 5. 1 5 *Why's Waste Kritis Defect*

<i>Waste</i>	<i>Sub Waste</i>	<i>Why 1</i>	<i>Why 2</i>	<i>Why 3</i>	<i>Why 4</i>	<i>Why 5</i>
<i>Defect</i>	Banyak ditemukan cacat pada departemen <i>outgoing inspection</i> (OGI)	<i>Leaf spring</i> tidak sesuai spesifikasi	Dimensi hasil proses pada departemen <i>shearing</i> tidak sesuai dan bervariasi	Jarak <i>clip & silincer hole</i> (lubang <i>clip & silincer</i>) bervariasi	Material mudah bergeser, sehingga lubang yang dihasilkan bervariasi	
				Material tererosot ke dalam <i>stopper taper</i>	<i>Stopper</i> yang digunakan lentur dan mudah bengkok	
			<i>Eye leaf</i> tidak terbentuk sempurna	Proses <i>eye forming</i> tidak sempurna	Material lepas dari <i>gripper</i>	<i>Gripper</i> mengalami deformasi
	Material berkarat sebelum digunakan	Terlalu lama tidak digunakan di gudang <i>raw material</i>	Sistem keluar masuk material dari gudang <i>raw material</i> belum ada			
		Material disimpan di area terbuka	Luas gudang <i>raw material</i> tidak dapat menampung seluruh material yang dibeli			
	Kualitas material (<i>Flat Bar</i>) tidak selalu baik	Performansi <i>supplier</i> terhadap penyediaan material <i>flat bar</i> tidak selalu baik	Tidak terdapat program terhadap pemantauan kinerja <i>supplier</i>			

Berdasarkan Tabel 5.1 di atas, dapat diketahui bahwa terdapat beberapa akar penyebab permasalahan, yakni material mudah bergeser yang dapat menyebabkan lubang *clip* yang dihasilkan bervariasi, *stopper* yang digunakan lentur dan mudah bengkok, *gripper* mengalami deformasi, sistem keluar masuk material dari gudang *raw material* belum ada dan tidak terdapat program terhadap pemantauan kinerja *supplier*.

Berikut ini merupakan hasil analisis masing-masing sub *waste defect* :

1. Banyak ditemukan cacat pada departemen *outgoing inspection* (OGI)

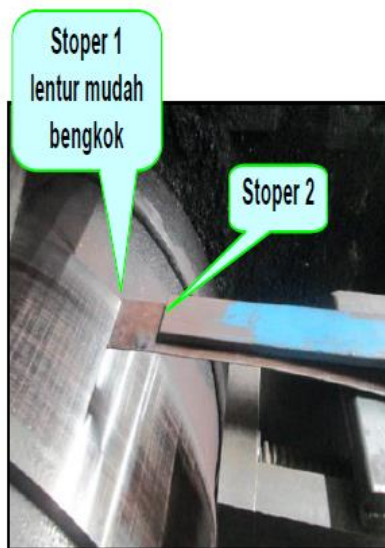
Cacat yang ditemukan di departemen OGI disebabkan karena *leaf spring* yang tidak sesuai spesifikasi. Dimana dimensi hasil proses pada departemen *shearing* yang menyebabkan ketidaksesuaian spesifikasi tersebut. Pada departemen *shearing*, kepresisian terhadap dimensi produk sangat diperhatikan. Sehingga departemen ini yang paling banyak menimbulkan *defect*. Selain itu, mesin yang digunakan juga semi otomatis, dimana melibatkan operator dalam menghasilkan produk. Pada departemen *shearing*, terdapat beberapa *defect*, diantaranya adalah :

Tabel 5. 2 Data *Defect* Proses *Shearing* Bulan Januari, Februari, Maret, April 2017

<i>Defect</i>	Jumlah	Prosentase	Kumulatif
<i>Clip & Silincer Hole</i>	206	20.38%	20.38%
<i>Taper</i>	147	14.54%	34.92%
<i>Eye Forming</i>	143	14.14%	49.06%
<i>Center Hole</i>	116	11.47%	60.53%
<i>Gap Eye Forming</i> lebar	98	9.69%	70.23%
<i>Bevel/Corner NG</i>	83	8.21%	78.44%
Gagal Proses	78	7.72%	86.15%
<i>Diamond/Trimming</i>	71	7.02%	93.18%
Lain-lain	69	6.82%	100.00%
TOTAL	1011	100%	

Sehingga berdasarkan data *defect* diatas, dipilih 3 *defect* teratas, yakni *clip & silincer hole*, *taper*, dan *eye forming*. Pengertian ke 3 *defect* tersebut beserta penyebabnya adalah :

- *Clip & Silincer Hole* : Jarak *hole* (lubang *clip & silincer*) bervariasi yang disebabkan karena material mudah bergeser dalam proses pembuatan lubang *clip* dan *silincer*.
- *Taper* : Ukuran material yang terpipihkan tidak sesuai spesifikasi. Hal ini disebabkan *stopper* yang digunakan menyebabkan material tererosot ke dalam *stopper taper* yang disebabkan karena *stopper* yang digunakan lentur dan mudah bengkok



Gambar 5. 1 *Stoper* Mesin Taper

- *Eye Forming* : *Eye leaf* tidak terbentuk sempurna yang disebabkan karena *gripper* mengalami deformasi.



Gambar 5. 2 *Gripper Eye Forming* Terdeformasi

2. Material berkarat sebelum digunakan

Material yang berkarat sebelum digunakan disebabkan karena terlalu lama tidak digunakan di gudang *raw material*. Hal ini disebabkan tidak adanya sistem keluar masuk material di gudang *raw material*, sehingga banyak material lama yang berada di rak bawah yang tidak digunakan terlebih dahulu.

Selain itu, material berkarat disebabkan karena material disimpan di area terbuka, yang diakibatkan karena luas gudang *raw material* tidak dapat menampung seluruh material yang dibeli. Sehingga material yang di area luar terkena perubahan suhu siang dan malam, sehingga material lebih mudah dan lebih cepat berkarat karena mengalami proses korosi.



Gambar 5. 3 Material *Flat Bar* di Luar Area Gudang *Raw Material*

3. Kualitas material *flat bar* yang tidak selalu baik

Kualitas material *flat bar* yang digunakan dapat mempengaruhi proses produksi dan produk yang dihasilkan. Kualitas material yang dikirim oleh *supplier* tidak selalu dalam kualitas yang baik, melainkan kualitas yang buruk, dimana perusahaan *spring* amatan tidak bisa mengembalikan material tersebut. Sehingga dengan kualitas material *flat bar* yang buruk tersebut, dapat meningkatkan *defect* yang terjadi pada perusahaan.

5.2.2 *Inventory*

Terdapat 3 *sub waste inventory*, yakni banyak material yang disimpan diluar gudang *raw material*, terdapat penumpukan WIP di departemen *assembly*, dan terdapat tumpukan material tidak terpakai dan *leaf defect* di sekitar lantai produksi. Berikut merupakan analisis 5 *why's* masing-masing *sub waste inventory*.

Tabel 5. 3 5 *Why's Waste Kritis Inventory*

<i>Waste</i>	<i>Sub Waste</i>	<i>Why 1</i>	<i>Why 2</i>	<i>Why 3</i>	<i>Why 4</i>	<i>Why 5</i>
<i>Inventory</i>	Banyak material yang disimpan diluar gudang <i>raw material</i>	Luas area gudang <i>raw material</i> tidak dapat menampung seluruh material yang dibeli				
	Terdapat penumpukan WIP di departemen <i>assembly</i>	Menunggu semua komponen <i>leaf</i> selesai diproses dari departemen <i>shearing</i> dan <i>heating</i>	Adanya perbedaan waktu selesai pada tiap tipe <i>leaf</i>			
	Terdapat tumpukan material tidak terpakai seperti <i>scrap</i> , dan produk <i>defect</i> di sekitar lantai produksi	Implementasi 5S tidak dijalankan sepenuhnya pada lantai produksi	Tidak adanya penggolongan material tidak terpakai seperti <i>scrap</i> dan produk <i>defect</i>			

Berdasarkan Tabel 5.3 di atas, dapat diketahui bahwa terdapat beberapa akar penyebab permasalahan, yakni luas area gudang *raw material* tidak dapat menampung seluruh material yang dibeli, adanya perbedaan waktu selesai pada tiap tipe *leaf*, dan tidak adanya penggolongan material tidak terpakai seperti *scrap* dan produk *defect*.

Berikut ini merupakan hasil analisis masing-masing sub *waste inventory* :

1. Banyak material yang disimpan diluar gudang *raw material*

Banyaknya material yang disimpan di luar gudang *raw material* yang diakibatkan luas area gudang *raw material* tidak dapat menampung seluruh material yang dibeli menimbulkan *inventory* yang berlebihan.



Gambar 5. 4 Material *Flat Bar* di Luar Area Gudang *Raw Material*

2. Terdapat penumpukan WIP di departemen *assembly*

Penumpukan WIP di departemen *assembly* disebabkan karena proses *assembly* dapat dilakukan jika semua komponen *leaf* telah selesai diproses dari departemen *shearing* dan *heating*. Dikarenakan adanya perbedaan waktu selesai pada tiap tipe *leaf*, dapat menyebabkan proses menunggu di departemen *assembly*. Sehingga dapat menimbulkan *inventory* berupa WIP.

Berikut merupakan waktu menunggu WIP dalam departemen *assembly*.

Tabel 5. 4 Proses Produksi *Multi Leaf Spring* Lokal

<i>Leaf Tipe 1</i>			<i>Leaf Tipe 2</i>			<i>Leaf Tipe 3</i>		
<i>Proses</i>	Waktu Menit	Kum	<i>Proses</i>	Waktu Menit	Kum	<i>Proses</i>	Waktu Menit	Kum
<i>Shearing / cutting</i>	16.67	16.67						
<i>Eye Forming (Berlin)</i>	55	71.67	<i>Shearing/ cutting</i>	16.67	33.34			
<i>Eye Forming</i>	55	126.67	<i>Center Hole</i>	16.67	50.01	<i>Shearing/ cutting</i>	16.67	50.01
<i>Center Hole</i>	16.67	143.34	Pemberian Tanda Lubang	33.34	83.35	<i>Taper</i>	20	70.01
<i>Heating</i>	23.33	166.67	<i>Silincer Hole</i>	16.67	100.02	<i>Center Hole</i>	16.67	86.68
<i>Cambering</i>	16.67	183.34	<i>Wrapper Forming</i>	100	200.02	Pemberian Tanda Lubang	33.34	120.02
<i>Quenching</i>	13.33	196.67	<i>Heating</i>	23.33	223.35	<i>Clip Hole</i>	16.67	136.69
<i>Tempering</i>	15	211.67	<i>Cambering</i>	16.67	240.02	<i>Delay</i>	86.66	223.35
<i>Stress Shot Peening</i>	20	231.67	<i>Quenching</i>	13.33	253.35	<i>Heating</i>	23.33	246.68

Leaf Tipe 1			Leaf Tipe 2			Leaf Tipe 3		
Proses	Waktu Menit	Kum	Proses	Waktu Menit	Kum	Proses	Waktu Menit	Kum
Reaming	43.33	275	Tempering	15	268.35	Cambering	16.67	263.35
Anti Rust Painting	96.67	371.67	Stress Shot Peening	20	288.35	Quenching	13.33	276.68
Press Bushing	36.67	408.34	Delay	83.32	371.67	Tempering	15	291.68
Waiting	156.67	565.01	Anti Rust Painting	96.67	468.34	Stress Shot Peening	20	311.68
			Waiting	96.67	565.01	Delay	156.66	468.34
						Anti Rust Painting	96.67	565.01
Clip Clamping & Baut Center Hole							28.33	593.34
Assembling							41.67	635.01
Setting & Load Testing							41.67	676.68
Final Painting							46.67	723.35
Height Class & P/N							28.3	751.65
Final Inspection							120	871.65
Packaging							30	901.65

Berdasarkan tabel di atas, *waiting* WIP *leaf* tipe 1 menunggu selama 156.67 menit, sedangkan *waiting* WIP *leaf* tipe 2 menunggu selama 96.67 menit.

3. Tidak adanya penggolongan material tidak terpakai seperti *scrap* dan produk *defect*

Tumpukan material tidak terpakai seperti *scrap* dan produk *defect* di sekitar lantai produksi disebabkan karena implementasi 5S yang tidak dijalankan sepenuhnya pada lantai produksi. 5S yang tidak dijalankan berupa tidak adanya penggolongan material tidak terpakai yang bisa digunakan ulang dan material tidak terpakai yang tidak dapat digunakan. Adanya tumpukan tersebut menimbulkan *inventory*.

Berikut ini merupakan gambar tumpukan material tidak terpakai pada perusahaan.



(a)

(b)



(c)

Gambar 5. 5 Gambar a, b, c Merupakan Tumpukan Material *Flat Bar* tak terpakai

5.2.3 *Waiting*

Terdapat 4 *sub waste waiting*, yakni menunggu perbaikan pada produk cacat, lamanya pencarian *tools* dan lamanya pencarian *material* pada gudang *raw material*. Berikut merupakan analisis 5 *why's* masing-masing *sub waste waiting*.

Tabel 5. 5 5 *Why's Waste Kritis Waiting*

<i>Waste</i>	<i>Sub Waste</i>	<i>Why 1</i>	<i>Why 2</i>	<i>Why 3</i>	<i>Why 4</i>	<i>Why 5</i>
<i>Waiting</i>	Menunggu perbaikan pada produk cacat	<i>Internal defect</i> dan <i>complain customer</i> yang tinggi	banyak produk yang harus di <i>repair</i>			

<i>Waste</i>	<i>Sub Waste</i>	<i>Why 1</i>	<i>Why 2</i>	<i>Why 3</i>	<i>Why 4</i>	<i>Why 5</i>
	Lamanya pencarian <i>tools</i>	Implementasi 5S tidak dijalankan sepenuhnya pada rantai produksi	Tidak adanya implementasi 5S pada <i>tools</i> di rantai produksi			
	Lamanya proses pencarian material pada gudang <i>raw material</i>	Implementasi 5S tidak dijalankan sepenuhnya di gudang <i>raw material</i>				

Berdasarkan Tabel 5.5 di atas, dapat diketahui bahwa terdapat beberapa akar penyebab permasalahan, yakni banyak produk yang harus di *repair*, Tidak adanya implementasi 5S pada *tools*, Implementasi 5S tidak dijalankan sepenuhnya di gudang *raw material*.

Berikut ini merupakan hasil analisis masing-masing sub *waste waiting* :

1. Menunggu perbaikan pada produk cacat

Adanya proses menunggu untuk memperbaiki produk cacat dapat disebabkan karena jumlah *internal defect* dan *complain customer* yang tinggi. Sehingga adanya *internal defect* dan *complain customer* yang tinggi disebabkan karena banyak produk yang harus di *repair*.

2. Lamanya pencarian *tools*

Lamanya pencarian *tools* disebabkan implementasi 5S tidak dijalankan sepenuhnya pada rantai produksi, seperti tidak adanya penerapan *stratification management* pada *tools*. Sehingga menyebabkan proses pencarian *tools* memerlukan waktu lebih lama dan hal ini dapat menyebabkan *waiting* pada proses yang memerlukan *tools* tersebut.

3. Lamanya proses pencarian material pada gudang *raw material*

Lamanya pencarian *material* pada gudang *raw material* disebabkan karena implementasi 5S tidak dijalankan sepenuhnya di gudang *raw material*. Sehingga menyebabkan proses pencarian material memerlukan waktu lebih lama dan hal ini dapat menyebabkan *waiting* pada departemen selanjutnya.

5.3 Nilai RPN Tertinggi Mengadopsi *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) Untuk Menentukan Akar Penyebab Waste Kritis

Pada bagian ini dijelaskan mengenai *failure mode and effect analysis* (FMEA) pada *waste* kritis yaitu *defect*, *inventory* dan *waiting*. Dalam penelitian tugas akhir ini, pendekatan FMEA yang digunakan adalah hanya mengadopsi metode perhitungan nilai RPN yang digunakan untuk memilih akar penyebab paling kritis dengan mencari nilai RPN akar penyebab *waste* yang paling tinggi. Nilai RPN ditentukan dengan memperhatikan tiga hal penting, yaitu *ocurance*, *detection*, dan *severity*. Dimana dilakukan penentuan kriteria *ranking* dari *severity*, *occurrence* dan *detection* terlebih dahulu.

Berikut ini merupakan kriteria *ranking* dari *severity*, *occurrence* dan *detection*, yang dapat dijadikan sebagai referensi dalam membuat kriteria *ranking* masing-masing kriteria, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.7.

Tabel 5. 6 Kriteria *Severity* Berdasarkan Studi Pustaka

<i>Effect</i>	<i>Criteria : Severity of effect on process</i>	<i>Ranking</i>
<i>Failure to meet safety and / or regulatory requirements</i>	<i>May endanger operator (machine or assembly) without warning.</i>	10
	<i>May endanger operator (machine or assembly) with warning.</i>	9
<i>Major Disruption</i>	<i>100% of product may have to be scrapped. Line shutdown or stop ship.</i>	8
<i>Significant Disruption</i>	<i>A portion of the production run may have to be scrapped. Deviation from primary process including decreased line speed or added manpower.</i>	7
<i>Moderate Disruption</i>	<i>100% of production run may have to be reworked off-line and accepted.</i>	6
	<i>A portion of the production run may have to be reworked off-line and accepted.</i>	5
	<i>100% of production run may have to be reworked in station before it is processed.</i>	4
	<i>A portion of the production run may have to be reworked in station before it is processed.</i>	3
<i>Minor Disruption</i>	<i>Slight inconvenience to process, operation, or operator.</i>	2

<i>Effect</i>	<i>Criteria : Severity of effect on process</i>	<i>Ranking</i>
<i>No Effect</i>	<i>No discernible effect.</i>	<i>1</i>

Sumber : Carlson, 2012

Tabel 5. 7 Kriteria *Occurrence* Berdasarkan Studi Pustaka

<i>Likelihood of failure</i>	<i>Criteria : Occurrence of Cause (Incidents per item/vehicles)</i>	<i>Rank</i>
<i>Very High</i>	≥ 100 per thousand ≥ 1 in 10	10
<i>High</i>	50 per thousand 1 in 20	9
	20 per thousand 1 in 50	8
	10 per thousand 1 in 100	7
<i>Moderate</i>	2 per thousand 1 in 500	6
	0.5 per thousand 1 in 2.000	5
	0.1 per thousand 1 in 10.000	4
<i>Low</i>	0.01 per thousand 1 in 100.000	3
	≤ 0.001 per thousand 1 in 1.000.000	2
<i>Very Low</i>	<i>Failure is eliminated through preventive control</i>	1

Sumber : Carlson, 2012

Tabel 5. 8 Kriteria *Detection* Berdasarkan Studi Pustaka

<i>Opportunity for Detection</i>	<i>Criteria : Likelihood of detection by process control</i>	<i>Ranking</i>	<i>Likelihood of Detection</i>
<i>No Detection Opportunity</i>	<i>No current process control; cannot detect or is not analyzed.</i>	10	<i>Almost impossible</i>
<i>Not Likely to Detect at any Stage</i>	<i>Failure Mode and/or Error (Cause) is not easily detected (e.g., random audits).</i>	9	<i>Very Remote</i>
<i>Problem Detection Postprocessing</i>	<i>Failure Mode detection postprocessing by operator through visual/tactile/audible means.</i>	8	<i>Remote</i>

Opportunity for Detection	Criteria : Likelihood of detection by process control	Ranking	Likelihood of Detection
<i>Problem Detection at Source</i>	<i>Failure Mode detection in-station by operator through visual/tactile/audible means or postprocessing through use of attribute gauging (go/no-go, manual torque check/clicker wrench, etc.)</i>	7	Very Low
<i>Problem Detection Postprocessing</i>	<i>Failure Mode detection postprocessing by operator through use of variable gauging or in-station by operator through use of attribute gauging (go/no-go, manual torque check/clicker wrench, etc.)</i>	6	Low
<i>Problem Detection at Source</i>	<i>Failure Mode or Error (Cause) detection in-station by operator through variable gauging or by automated controls in-station will detect discrepant part and notify operator (light, buzzer, etc.). Gauging performed on setup and first-piece check (for setup causes only)</i>	5	Moderate
<i>Problem Detection Post Processing</i>	<i>Failure Mode detection postprocessing by automated controls that will detect discrepant part and lock part to prevent further processing.</i>	4	Moderately High
<i>Problem Detection at Source</i>	<i>Failure Mode detection in-station by automated controls that will detect discrepant part and automatically lock part in Failure Mode detection in-station by automated controls that will detect discrepant part and automatically lock part in station to prevent further processing.</i>	3	High
<i>Error Detection and/or Problem Prevention</i>	<i>Error (Cause) detection in-station by automated controls that will detect, error and prevent discrepant part from being made.</i>	2	Very High
<i>Detection Not Applicable; Error Prevention</i>	<i>Error (Cause) prevention as a result of fixture design, machine design, or part design. Discrepant parts cannot be made because item has been error-proofed by process/product design.</i>	1	Almost Certain

Sumber : Carlson, 2012

Berdasarkan kriteria di atas, dilakukan diskusi dengan pihak perusahaan untuk menyesuaikan kriteria dari masing-masing *ranking* pada *severity*, *occurrence*,

maupun *detection* dari hasil referensi yang diperoleh dengan kondisi *real* yang dihadapi oleh perusahaan. Tujuan dari diadakannya diskusi ini adalah agar seluruh akar permasalahan yang ditemukan pada RCA dapat ter-cover oleh kriteria *rating* yang tersedia pada kuesioner dan mampu merepresentasikan kondisi lapangan. Terdapat 3 *expert* dalam perusahaan yang memahami proses produksi *leaf spring* yang dijadikan sebagai responden didasarkan atas keahlian responden terhadap kondisi *waste* dalam penentuan parameter *severity*, *occurrence* dan *detection*. Diskusi dilakukan dengan asisten manajer produksi dan asisten manajer QC untuk menentukan kriteria *severity*, *occurrence*, dan *detection* pada *waste defect* dan *waiting*, sedangkan dilakukan diskusi dengan asisten manajer PPIC untuk menentukan kriteria *severity*, *occurrence*, dan *detection* pada *waste inventory*.

Kuesioner FMEA yang digunakan menggunakan FMEA *Worksheet* dari Carlson (2012) yang telah dimodifikasi disesuaikan dengan kebutuhan. Berikut merupakan tabel FMEA *worksheet* :

Tabel 5. 9 FMEA *Worksheet* “Modifikasi dari Carlson (2012)”

<i>Potential failure</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential cause</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>

Hasil dari FMEA *worksheet* didapatkan dan disesuaikan dengan hasil analisis 5 *Why's*. FMEA *worksheet* terdiri dari beberapa *item*, yakni :

1. *Potential Failure* : Diperoleh dari item *sub waste* dari hasil 5 *why's*.
2. *Potential Effect* : Merupakan konsekuensi yang diperoleh jika *potential failure* terjadi.
3. *Severity* : Tingkat keparahan yang dihasilkan jika kegagalan terjadi. Didasarkan atas parameter *severity* yang telah dibuat.
4. *Potential Cause* : Penyebab spesifik terjadinya kegagalan (ditentukan berdasarkan analisis 5 *why's* pada item *Why* paling akhir).

5. *Occurrence* : Frekuensi terjadinya suatu kegagalan. Diisi berdasarkan atas parameter *occurrence* yang telah dibuat.
6. *Control* : Metode atau tindakan yang sudah ada untuk mengurangi risiko penyebab terjadinya kegagalan pada perusahaan *existing*.
7. *Detection* : Tingkat kesulitan atau kemudahan dalam melakukan pendeteksian terjadinya suatu kegagalan. Diisi berdasarkan atas parameter *detection* yang telah dibuat.
8. RPN : Peringkat dari masing-masing potensi kegagalan.

Untuk pengisian kuesioner FMEA, terdiri dari 4 responden, yakni asisten manajer produksi, asisten manajer QC, asisten manajer PPIC dan supervisor produksi. Dimana responden tersebut dipilih karena, ke-4 responden tersebut mengetahui proses dan permasalahan yang terjadi di rantai produksi.

5.3.1 FMEA Waste Kritis Defect

Berikut ini merupakan kriteria *severity*, *occurrence*, dan *detection* pada *waste kritis defect*.

Tabel 5. 10 *Severity Waste Kritis Defect* “Modifikasi dari Carlson (2012)”

<i>Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Rating</i>
Tidak ada	Tidak mempengaruhi proses produksi	1
Sangat Minor	Dapat mempengaruhi proses produksi, namun dapat diabaikan	2
Minor	Dapat mempengaruhi proses produksi, dan berpotensi terhadap terjadinya kecacatan produk	3
Sangat Rendah	Dapat mempengaruhi proses produksi dan terjadi kecacatan pada produk, namun dapat diabaikan	4
Rendah	Dapat mempengaruhi proses produksi dan terjadi kecacatan pada produk	5
	Dalam satu bulan produksi, terjadi <10% produk mengalami <i>rework</i>	
Sedang	Dapat mempengaruhi proses produksi dan terjadi kecacatan pada produk	6
	Dalam satu bulan produksi, terjadi 10% - 20% produk mengalami <i>rework</i>	
Tinggi	Dapat mempengaruhi proses produksi dan terjadi kecacatan pada produk	7

<i>Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Rating</i>
	Dalam satu bulan produksi, terjadi 20 – 30% produk mengalami <i>rework</i>	
Sangat Tinggi	Dapat mempengaruhi proses produksi dan terjadi kecacatan pada produk	8
	Dalam satu bulan produksi, terjadi 30 – 50% produk mengalami <i>rework</i>	
Berbahaya	Dapat mempengaruhi proses produksi dan terjadi kecacatan pada produk	9
	Dalam satu bulan produksi, terjadi >50% produk mengalami <i>rework</i>	
Sangat Berbahaya	Dapat mempengaruhi proses produksi dan terjadi kecacatan pada produk	10
	Dalam satu bulan produksi, seluruh WIP mengalami <i>rework</i>	

Skala *severity* pada *defect* yang disebabkan oleh setiap jenis *potential cause* dibuat berdasarkan banyaknya produk yang harus di *rework* jika *potential cause* tersebut terjadi.

Tabel 5. 11 *Occurrence Waste Kritis Defect* “Modifikasi dari Carlson (2012)”

<i>Occurrence</i>	<i>Probabilitas Kejadian</i>	<i>Rating</i>
Tidak Pernah	Terjadi satu kali dalam kurun waktu >1 th	1
Jarang	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 – 12 bulan	2
	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 – 6 bulan	3
Kadang-kadang	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 - 3 bulan	4
	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 - 2 bulan	5
Cukup Sering	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 bulan	6
	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 - 2 minggu	7
Sering	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 minggu	8
	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 - 3 hari	9
Sangat Sering	Setiap hari	10

Skala *occurrence* pada *waste defect* dibuat berdasarkan frekuensi *potential cause* yang dapat menjadi penyebab terjadinya *defect*.

Tabel 5. 12 *Detection Waste Kritis Defect* “Modifikasi dari Carlson (2012)”

<i>Detection</i>	<i>Keterangan</i>	<i>Rating</i>
Pasti	Pemborosan langsung dapat dideteksi	1
	Hasil deteksi akurat	
Sangat Mudah	Pemborosan dapat dideteksi melalui inspeksi visual	2
	Hasil deteksi akurat	

<i>Detection</i>	Keterangan	<i>Rating</i>
Mudah	Membutuhkan alat bantu dalam mendeteksi pemborosan	3
	Pemborosan baru dapat diketahui setelah dilakukan pendeteksian dengan alat bantu	
Cukup Mudah	Membutuhkan alat bantu dalam mendeteksi pemborosan	4
	Pemborosan dapat diketahui setelah pemborosan berakhir	
Sedang	Membutuhkan alat bantu dan analisis dalam mendeteksi pemborosan	5
	Pemborosan dapat terdeteksi jika dilakukan analisis lebih lanjut	
Cukup Sulit	Membutuhkan alat bantu canggih mendeteksi pemborosan	6
	Dibutuhkan metode tertentu untuk mengetahui pemborosan yang terjadi	
Sulit	Membutuhkan alat bantu canggih mendeteksi pemborosan	7
	Pemborosan sulit terdeteksi	
Sangat Sulit	Membutuhkan alat bantu canggih mendeteksi pemborosan	8
	Hasil deteksi tidak akurat	
Ekstrim	Alat bantu tidak dapat digunakan untuk mendeteksi pemborosan	9
	Hasil deteksi tidak akurat	
Tidak Dapat Terdeteksi	Pemborosan tidak dapat terdeteksi	10

Skala *detection* yang dibuat untuk *waste defect* ditentukan berdasarkan proses pengukuran terhadap munculnya *potential cause* yang menyebabkan *defect*.

Setelah dibentuk skala *severity*, *occurrence*, dan *detection*, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) pada FMEA menggunakan FMEA *worksheet* yang telah dimodifikasi dari Carlson (2012). Berikut ini adalah FMEA *worksheet* untuk *waste kritis defect* :

Tabel 5. 13 FMEA *Worksheet* untuk *Waste Kritis Defect*

<i>Potential failure</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential cause</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>
Banyak ditemukan cacat pada departemen	Lubang <i>clip</i> dan <i>silincer</i> bervariasi		Tidak terdapatnya <i>jig</i> pada mesin <i>punch</i> , sehingga material dapat		Belum ada <i>improvement</i> untuk meminimalkan		690

<i>Potential failure</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential cause</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>
<i>outgoing inspection (OGI)</i>			bergeser-geser dalam proses pembentukan lubang		terjadinya pergeseran material pada proses <i>clip & silincer hole</i>		
Banyak ditemukan cacat pada departemen <i>outgoing inspection (OGI)</i>	Dimensi material yg dipipihkan melebihi spesifikasi		<i>Stopper</i> yang digunakan lentur dan mudah bengkok sehingga material terperosot ke dalam <i>stopper taper</i>		Belum ada <i>improvement</i> untuk mengganti <i>stopper</i>		550
Banyak ditemukan cacat pada departemen <i>outgoing inspection (OGI)</i>	<i>Eye leaf</i> tidak terbentuk sempurna		Material lepas dari <i>gripper</i>		Penggantian material <i>gripper</i> yang telah terdeformasi		400
Material berkarat sebelum digunakan	Material berkarat karena terlalu lama disimpan di gudang, sehingga memerlukan proses tambahan		Sistem keluar masuk material dari gudang <i>raw material</i> belum ada		Material yang berada dibawah dipindahkan ke atas agar material yang dibawah dapat segera digunakan		240
Material berkarat sebelum digunakan	Material berkarat karena terlalu lama disimpan di gudang, sehingga memerlukan proses tambahan		Luas gudang <i>raw material</i> tidak dapat menampung seluruh material yang dibeli		Material ditutup menggunakan terpal plastik agar tidak terpapar matahari secara langsung		174
kualitas material <i>flat bar</i> tidak selalu bagus	Material <i>Flat bar</i> lebih susah dibentuk dan memerlukan tambahan proses pembentukan		Tidak terdapat program pemantauan terhadap kinerja <i>supplier</i>		Pihak perusahaan melakukan <i>complain</i> kepada <i>supplier</i>		405

5.3.2 FMEA Inventory

Berikut ini merupakan kriteria *severity*, *occurrence*, dan *detection* pada *waste kritis inventory*.

Tabel 5. 14 *Severity Waste Kritis Inventory* “Modifikasi dari Carlson (2012)”

<i>Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Rating</i>
Tidak ada	Tidak menimbulkan <i>Inventory</i> dan atau <i>WIP</i> yang berlebihan	1
Sangat Minor	Terjadi <i>WIP</i> selama < 15 menit	2
Minor	Terjadi <i>WIP</i> selama 15 - 30 menit	3
Sangat Rendah	Terjadi <i>WIP</i> selama 30 - 60 menit	4
Rendah	Terjadi <i>WIP</i> selama 60 - 180 menit	5
Sedang	Terjadi <i>WIP</i> selama 180 - 480 menit	6
Tinggi	Terjadi <i>WIP</i> selama 480 – 1440 menit (1 hari)	7
Sangat Tinggi	Terjadi <i>WIP</i> selama 1 - 3 Hari	8
Berbahaya	Terjadi <i>WIP</i> selama 3- 7 Hari	9
Sangat Berbahaya	Terjadi <i>WIP</i> selama > 1 Minggu	10

Skala *severity* pada *inventory* yang disebabkan oleh setiap jenis *potential cause* dibuat berdasarkan lamanya *WIP* yang harus di simpan jika *potential cause* tersebut terjadi.

Tabel 5. 15 *Occurrence Waste Kritis Inventory* “Modifikasi dari Carlson (2012)”

<i>Occurrence</i>	<i>Probabilitas Kejadian</i>	<i>Rating</i>
Tidak Pernah	Terjadi satu kali dalam kurun waktu >1 th	1
Jarang	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 – 12 bulan	2
	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 – 6 bulan	3
Kadang-kadang	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 - 3 bulan	4
	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 - 2 bulan	5
Cukup Sering	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 bulan	6
	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 - 2 minggu	7
Sering	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 minggu	8
	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 - 3 hari	9
Sangat Sering	Setiap hari	10

Skala *occurrence* pada *waste inventory* dibuat berdasarkan frekuensi *potential cause* yang dapat menjadi penyebab terjadinya *inventory*.

Tabel 5. 16 *Detection Waste Kritis Inventory* “Modifikasi dari Carlson (2012)”

Detection	Keterangan	Rating
Pasti	Pemborosan langsung dapat dideteksi	1
	Hasil deteksi akurat	
Sangat Mudah	Pemborosan dapat dideteksi melalui inspeksi visual	2
	Hasil deteksi akurat	
Mudah	Membutuhkan alat bantu dalam mendeteksi pemborosan	3
	Pemborosan baru dapat diketahui setelah dilakukan pendeteksian dengan alat bantu	
Cukup Mudah	Membutuhkan alat bantu dalam mendeteksi pemborosan	4
	Pemborosan dapat diketahui setelah pemborosan berakhir	
Sedang	Membutuhkan alat bantu dan analisis dalam mendeteksi pemborosan	5
	Pemborosan dapat terdeteksi jika dilakukan analisis lebih lanjut	
Cukup Sulit	Membutuhkan alat bantu canggih mendeteksi pemborosan	6
	Dibutuhkan metode tertentu untuk mengetahui pemborosan yang terjadi	
Sulit	Membutuhkan alat bantu canggih mendeteksi pemborosan	7
	Pemborosan sulit terdeteksi	
Sangat Sulit	Membutuhkan alat bantu canggih mendeteksi pemborosan	8
	Hasil deteksi tidak akurat	
Ekstrim	Alat bantu tidak dapat digunakan untuk mendeteksi pemborosan	9
	Hasil deteksi tidak akurat	
Tidak Dapat Terdeteksi	Pemborosan tidak dapat terdeteksi	10

Skala *detection* yang dibuat untuk *waste inventory* ditentukan berdasarkan proses pengukuran terhadap munculnya *potential cause* yang menyebabkan *inventory*.

Setelah dibentuk skala *severity*, *occurrence*, dan *detection*, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) pada FMEA. Berikut ini adalah FMEA untuk *waste kritis inventory* :

Tabel 5. 17 FMEA Worksheet untuk Waste Kritis Inventory

<i>Potential failure</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential cause</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>
Material banyak yang disimpan di luar gudang <i>raw material</i> (area terbuka)	<i>Inventory raw material</i> tidak rapi dan tidak terstruktur		Luas gudang <i>raw material</i> tidak dapat menampung seluruh material yang dibeli		Segera dilakukan pemindahan material jika terdapat rak kosong di gudang <i>raw material</i>		232
Terdapat tumpukan WIP di departemen <i>assembly</i>	Mengganggu aktivitas operasi di departemen <i>assembly</i>		Perbedaan waktu selesai pada setiap proses pengerjaan tipe <i>leaf</i>		Belum ada <i>improvement</i> untuk meminimalkan waktu lamanya menunggu		250
Tumpukan material tidak terpakai seperti <i>scrap</i> , dan produk <i>defect</i> di sekitar lantai produksi dapat mengganggu berjalannya proses produksi	Mengganggu aktivitas proses produksi serta lantai produksi tidak bersih		Tidak adanya penggolongan material tidak terpakai seperti <i>scrap</i> dan produk <i>defect</i> di area karantina		Disediakan rak untuk tempat material <i>defect</i> di area karantina tanpa ada penggolongan jenis		350

5.3.3 FMEA Waiting

Berikut ini merupakan kriteria *severity*, *occurrence*, dan *detection* pada waste kritis *waiting*.

Tabel 5. 18 Severity Waste Kritis Waiting “Modifikasi dari Carlson (2012)”

<i>Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Rating</i>
Tidak ada	Tidak mempengaruhi proses produksi	1

<i>Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Rating</i>
Sangat Minor	Memberikan pengaruh terhadap proses produksi, namun dapat diabaikan	2
Minor	Memberikan pengaruh terhadap proses produksi, namun tidak menyebabkan keterlambatan	3
Sangat Rendah	Memberikan pengaruh terhadap proses produksi dan menyebabkan keterlambatan <15 menit	4
Rendah	Menghentikan proses produksi 15 - 30 menit	5
Sedang	Menghentikan proses produksi 30 - 60 menit	6
Tinggi	Menghentikan proses produksi > 60 menit, namun < 1 hari	7
Sangat Tinggi	Menghentikan proses produksi selama 1 - 3 hari	8
Berbahaya	Menghentikan proses produksi selama > 3 hari namun < 10 hari	9
Sangat Berbahaya	Menghentikan proses produksi > 10 hari	10

Skala *severity* pada *waiting time* yang disebabkan oleh setiap jenis *potential cause* dibuat berdasarkan lama waktu penghentian proses yang dapat diterima perusahaan jika *potential cause* tersebut terjadi.

Tabel 5. 19 *Occurrence Waste Kritis Waiting* “Modifikasi dari Carlson (2012)”

<i>Occurrence</i>	<i>Probabilitas Kejadian</i>	<i>Rating</i>
Tidak Pernah	Terjadi satu kali dalam kurun waktu >1 th	1
Jarang	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 – 12 bulan	2
	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 – 6 bulan	3
Kadang-kadang	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 - 3 bulan	4
	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 - 2 bulan	5
Cukup Sering	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 bulan	6
	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 - 2 minggu	7
Sering	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 minggu	8
	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 - 3 hari	9
Sangat Sering	Setiap hari	10

Skala *occurrence* pada *waiting waste* dibentuk berdasarkan frekuensi *potential cause* yang dapat menjadi penyebab *waiting time*.

Tabel 5. 20 *Detection Waste Kritis Waiting* “Modifikasi dari Carlson (2012)”

<i>Detection</i>	<i>Keterangan</i>	<i>Rating</i>
Pasti	Pemborosan langsung dapat dideteksi	1
	Hasil deteksi akurat	

<i>Detection</i>	Keterangan	<i>Rating</i>
Sangat Mudah	Pemborosan dapat dideteksi melalui inspeksi visual	2
	Hasil deteksi akurat	
Mudah	Membutuhkan alat bantu dalam mendeteksi pemborosan	3
	Pemborosan baru dapat diketahui setelah dilakukan pendeteksian dengan alat bantu	
Cukup Mudah	Membutuhkan alat bantu dalam mendeteksi pemborosan	4
	Pemborosan dapat diketahui setelah pemborosan berakhir	
Sedang	Membutuhkan alat bantu dan analisis dalam mendeteksi pemborosan	5
	Pemborosan dapat terdeteksi jika dilakukan analisis lebih lanjut	
Cukup Sulit	Membutuhkan alat bantu canggih mendeteksi pemborosan	6
	Dibutuhkan metode tertentu untuk mengetahui pemborosan yang terjadi	
Sulit	Membutuhkan alat bantu canggih mendeteksi pemborosan	7
	Pemborosan sulit terdeteksi	
Sangat Sulit	Membutuhkan alat bantu canggih mendeteksi pemborosan	8
	Hasil deteksi tidak akurat	
Ekstrim	Alat bantu tidak dapat digunakan untuk mendeteksi pemborosan	9
	Hasil deteksi tidak akurat	
Tidak Dapat Terdeteksi	Pemborosan tidak dapat terdeteksi	10

Skala *detection* yang dibuat untuk *waiting waste* ditentukan berdasarkan proses pengukuran terhadap munculnya *potential cause* yang menyebabkan *waiting*.

Setelah dibentuk skala *severity*, *occurrence*, dan *detection*, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) pada FMEA. Berikut ini adalah FMEA untuk *waste* kritis *waiting* :

Tabel 5. 21 FMEA Worksheet untuk Waste Kritis Inventory

<i>Potential failure</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential cause</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>
Menunggu perbaikan produk	Proses produksi dapat		Banyak produk yang harus di repair		Melakukan pengontrolan produksi untuk		125

<i>Potential failure</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential cause</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>
cacat	terhambat atau mengalami keterlambatan, bahkan harus berhenti dalam kurun waktu tertentu, sehingga dapat menimbulkan <i>loss production</i>				meminimasi terjadinya defect		
Lamanya dalam pencarian tools	Proses produksi dapat terhambat atau mengalami keterlambatan		Tidak terdapatnya implementasi 5S pada tools di lantai produksi		Tools alat inspeksi didekatkan dengan area inspeksi pada masing-masing departemen		150
Lamanya proses pencarian material pada gudang <i>raw material</i>	Proses produksi dapat mengalami keterlambatan		Tidak adanya implementasi 5S di gudang raw material		Menempelkan kartu identitas pada material		130

5.3 Penentuan Alternatif Rekomendasi Perbaikan

Berdasarkan RPN yang telah diperoleh dari hasil kuesioner FMEA, dipilih akar penyebab yang memiliki nilai RPN tertinggi untuk diberikan solusi perbaikan. Berikut ini merupakan akar penyebab yang memiliki nilai RPN tertinggi beserta rekomendasi perbaikan yang akan diberikan.

Tabel 5. 22 Rekomendasi Perbaikan Sesuai Akar Penyebab

<i>Waste</i>	Akar Penyebab	Rekomendasi Perbaikan
<i>Defect</i>	Tidak adanya <i>jig</i> pada mesin <i>power press</i>	Pembuatan desain <i>jig</i> pada mesin <i>power press</i>

<i>Waste</i>	Akar Penyebab	Rekomendasi Perbaikan
	<i>Stopper</i> yang digunakan lentur dan mudah bengkok	Pembuatan desain <i>stopper</i> taper yang tidak lentur dan tidak mudah bengkok
<i>Inventory</i>	Tidak adanya penggolongan material tidak terpakai yang bisa digunakan dan yang tidak bisa digunakan	Pembuatan SOP penanganan material/produk <i>waste</i> dan <i>scrap</i> serta penggolongan jenisnya
<i>Waiting</i>	Tidak adanya penerapan 5S pada <i>tools</i>	Pembuatan sistem 5S pada <i>tools</i>

Berikut ini merupakan penjelasan tujuan dan manfaat dari masing-masing rekomendasi perbaikan :

1. Pembuatan desain *jig* pada mesin *power press*

Tujuan : Untuk meminimalkan atau mengurangi terjadinya pergeseran material *flat bar* dalam proses pembuatan *clip* dan *silincer hole*. Sehingga variasi jarak lubang yang dihasilkan dapat diturunkan.

Manfaat :

- Mengurangi pergeseran material
- Memudahkan pekerjaan
- Mengurangi pekerjaan *non value added* seperti proses pemberian tanda tempat lubang *clip* dan *silincer*.
- Mengurangi variasi jarak lubang *clip* dan *silincer*
- Mengurangi proses pemberian tanda / lubang

2. Pembuatan desain *stopper* taper yang tidak lentur dan tidak mudah bengkok

Tujuan : Untuk menghindari material *flat bar* terperosot ke dalam *stopper*.

Manfaat :

- Mengurangi variasi jarak ujung yang dipipihkan
- Menghindari material yang terperosot ke dalam *stopper taper*
- Memudahkan pekerjaan

3. Pembuatan SOP penanganan material/produk *waste* dan *scrap* serta penggolongan jenisnya

Tujuan : Agar segala aktivitas dalam penanganan material/produk *defect* dan *scrap* terstandarisasi

Manfaat :

- Material/produk *defect* dan *scrap* tergolongkan sesuai jenis penanganannya, sehingga memudahkan dalam proses penanganan nantinya
- Material/produk *defect* dan *scrap* tidak terdapat di lantai produksi, karena sudah disediakan lokasi penyimpanan
- Area penyimpanan material/produk *defect* dan *scrap* lebih rapi dan bersih.

4. Pembuatan sistem 5S pada *tools*

Tujuan : Agar *tools* dalam lantai produksi lebih rapi, terorganisir dan tetap bersih sehingga tidak memerlukan waktu lama untuk pencarian *tools*.

Manfaat :

- Mengurangi waktu pencarian *tools*
- *Tools* tertata rapi, bersih dan terorganisir pada lantai produksi
- Peralatan akan memiliki umur hidup lebih panjang dan *breakdown* akan lebih sedikit
- Meningkatkan efisiensi dalam bekerja

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 6

RANCANGAN REKOMENDASI PERBAIKAN

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai rancangan rekomendasi perbaikan yang diberikan sesuai hasil analisis 5 *why's* dan *failure mode and effect analysis*.

6.1 *Future State Value Stream Mapping*

Terjadinya keterlambatan produksi dan sering terjadinya kesalahan prediksi dalam menentukan waktu produksi dapat menurunkan kepercayaan konsumen dan menyebabkan menurunnya profit perusahaan. Sehingga, perlu dilakukan standarisasi proses produksi dan perhitungan total waktu produksi dalam menyelesaikan produk. Proses-proses yang dinilai tidak memberikan nilai tambah perlu dihapuskan atau dan dikurangi, sehingga dapat meningkatkan produktivitas.

Proses yang tergolong pada *non value added* yang dapat dikurangi adalah proses dalam memberikan tanda lubang pada proses *clip* dan *silincer hole*. Tujuan dari pemberian tanda adalah agar lubang *clip* dan *silincer* lebih presisi. Proses pemberian tanda ini dinilai tidak memberikan nilai tambah dan bisa dihilangkan. Namun, agar lubang *clip* dan *silincer* tetap presisi, dapat dilakukan dengan menambahkan *jig* pada *power press machine* (mengacu pada rekomendasi perbaikan nomor 1).



Gambar 6. 1 Contoh Tanda Pada Lubang *Clip* sisi A dari *Center Hole*

Dengan mengurangi 2 proses dalam pemberian tanda tersebut, dihasilkan waktu proses produksi sebagai berikut :

Tabel 6. 1 Waktu Proses Produksi 100 unit *Multi Leaf Spring* Lokal
(Rekomendasi)

<i>Leaf Tipe 1</i>			<i>Leaf Tipe 2</i>			<i>Leaf Tipe 3</i>		
<i>Proses</i>	<i>Waktu Menit</i>	<i>Kum</i>	<i>Proses</i>	<i>Waktu Menit</i>	<i>Kum</i>	<i>Proses</i>	<i>Waktu Menit</i>	<i>Kum</i>
<i>Shearing / cutting</i>	16.67	16.67						
<i>Eye Forming (Berlin)</i>	55.00	71.67	<i>Shearing/ cutting</i>	16.67	33.33			
<i>Eye Forming</i>	55.00	126.67	<i>Silincer Hole</i>	16.67	50.00	<i>Shearing/ cutting</i>	16.67	50.00
<i>Center Hole</i>	16.67	143.33	<i>Center Hole</i>	16.67	66.67	<i>Taper</i>	20.00	70.00
<i>Heating</i>	23.33	166.67	<i>Wrapper Forming</i>	100.00	166.67	<i>Center Hole</i>	16.67	86.67
<i>Cambering</i>	16.67	183.33	<i>Heating</i>	23.33	190.00	<i>Clip Hole</i>	16.67	103.33
<i>Quenching</i>	13.33	196.67	<i>Cambering</i>	16.67	206.67	<i>Delay</i>	86.67	190.00
<i>Tempering</i>	15.00	211.67	<i>Quenching</i>	13.33	220.00	<i>Heating</i>	23.33	213.33
<i>Stress Shot Peening</i>	20.00	231.67	<i>Tempering</i>	15.00	235.00	<i>Cambering</i>	16.67	230.00
<i>Reaming</i>	43.33	275.00	<i>Stress Shot Peening</i>	20.00	255.00	<i>Quenching</i>	13.33	243.33
<i>Anti Rust Painting</i>	96.67	371.67	<i>Delay</i>	116.67	371.67	<i>Tempering</i>	15.00	258.33
<i>Press Bushing</i>	36.67	408.33	<i>Anti Rust Painting</i>	96.67	468.33	<i>Stress Shot Peening</i>	20.00	278.33
<i>Waiting</i>	156.67	565.00	<i>Waiting</i>	101.67	565.00	<i>Delay</i>	190.00	468.33
						<i>Anti Rust Painting</i>	96.67	565.00
<i>Clip Clamping & Baut Center Hole</i>							28.33	593.33
<i>Assembling</i>							41.67	635
<i>Setting & Load Testing</i>							41.67	676.67
<i>Final Painting</i>							46.67	723.34
<i>Height Class & P/N</i>							28.30	751.64
<i>Final Inspection</i>							120.00	871.64
<i>Packaging</i>							30.00	901.64

Parameter	Total Waktu Current State VSM	Total Waktu Future state VSM
<i>Lead Time</i>	901.64	901.64

Dengan mengurangi 2 proses dalam pemberian tanda tersebut, *lead time* proses produksi tidak berkurang, melainkan tetap. Hal ini disebabkan karena yang berpengaruh terhadap pengurangan 2 aktivitas ini adalah pada waktu *waiting*. Keuntungan yang didapat dengan mengurangi 2 aktivitas *non value added* ini adalah dapat mengurangi pemakaian operator yang digunakan untuk proses pemberian tanda lubang tersebut. Sehingga dapat mengurangi biaya produksi.

Dalam memproduksi *leaf spring*, perusahaan ini membuat sistem *batch*, dimana 1 *batch* terdiri dari 100-200 *leaf* yang diproduksi. Sesuai dengan kondisi *existing*, urutan proses produksi secara paralel tidak diatur secara sistematis, sehingga berjalannya proses paralel menyesuaikan kondisi lapangan. Hal ini lah yang menjadi salah satu kendala terjadinya *delay* atau *waiting* yang tidak dapat diprediksi pada proses produksi *multi leaf spring* lokal, dan *lead time* produksi lebih lama.

Selain itu, permasalahan lain adalah banyaknya *leaf spring* yang harus dibuat, sehingga menyebabkan karyawan harus bekerja melebihi waktu normal (kerja lembur) untuk dapat memenuhi jumlah produksi yang ditargetkan. Sehingga, penurunan *lead time* proses produksi diperlukan untuk mengurangi jam kerja lembur karyawan.

Dalam memproduksi masing-masing tipe *leaf*, urutan pengerjaan *leaf* juga tidak diatur, sehingga pekerja memproduksi *leaf spring* sesuai urutan tipe nya, yakni *leaf* tipe 1 dikerjakan lebih awal, kemudian *leaf* tipe 2 dan *leaf* tipe 3. Untuk menentukan proses produksi yang memiliki *lead time* paling pendek, dengan tetap memperhatikan urutan proses produksi yakni proses seri dan paralel, jumlah mesin serta predesor proses maka terdapat 6 alternatif untuk menentukan *lead time* terpendek, yakni sebagai berikut:

1. *Leaf* 123

Alternatif *leaf* 123 adalah alternatif pengerjaan *leaf* 1 terlebih dahulu, kemudian *leaf* 2 dan yang terakhir adalah *leaf* 3. Dengan urutan dan waktu proses sebagai berikut :

Tabel 6. 2 Waktu Proses Produksi 100 unit *Multi Leaf Spring* Lokal (*Leaf* 123)

<i>Leaf Tipe 1</i>			<i>Leaf Tipe 2</i>			<i>Leaf Tipe 3</i>		
<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>	<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>	<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>
<i>Shearing / cutting</i>	16.67	16.67						
<i>Eye Forming (Berlin)</i>	55.00	71.67	<i>Shearing/ cutting</i>	16.67	33.33			
<i>Eye Forming</i>	55.00	126.67	<i>Silincer Hole</i>	16.67	50.00	<i>Shearing/ cutting</i>	16.67	50.00
<i>Center Hole</i>	16.67	143.33	<i>Center Hole</i>	16.67	66.67	<i>Taper</i>	20.00	70.00
<i>Heating</i>	23.33	166.67	<i>Wrapper Forming</i>	100.00	166.67	<i>Center Hole</i>	16.67	86.67
<i>Cambering</i>	16.67	183.33	<i>Heating</i>	23.33	190.00	<i>Clip Hole</i>	16.67	103.33
<i>Quenching</i>	13.33	196.67	<i>Cambering</i>	16.67	206.67	<i>Delay</i>	86.67	190.00
<i>Tempering</i>	15.00	211.67	<i>Quenching</i>	13.33	220.00	<i>Heating</i>	23.33	213.33
<i>Stress Shot Peening</i>	20.00	231.67	<i>Tempering</i>	15.00	235.00	<i>Cambering</i>	16.67	230.00
<i>Reaming</i>	43.33	275.00	<i>Stress Shot Peening</i>	20.00	255.00	<i>Quenching</i>	13.33	243.33
<i>Anti Rust Painting</i>	96.67	371.67	<i>Delay</i>	116.67	371.67	<i>Tempering</i>	15.00	258.33
<i>Press Bushing</i>	36.67	408.33	<i>Anti Rust Painting</i>	96.67	468.33	<i>Stress Shot Peening</i>	20.00	278.33
<i>Waiting</i>	156.67	565.00	<i>Waiting</i>	101.67	565.00	<i>Delay</i>	190.00	468.33
						<i>Anti Rust Painting</i>	96.67	565.00
<i>Clip Clamping & Baut Center Hole</i>							28.33	593.33
<i>Assembling</i>							41.67	635
<i>Setting & Load Testing</i>							41.67	676.67
<i>Final Painting</i>							46.67	723.34
<i>Height Class & P/N</i>							28.30	751.64
<i>Final Inspection</i>							120.00	871.64
<i>Packaging</i>							30.00	901.64

Berdasarkan urutan proses produksi dan hasil perhitungan waktu proses produksi di atas, dapat diketahui bahwa *lead time* proses produksi *leaf* 123 adalah 901.64 menit.

2. Leaf 132

Alternatif *leaf* 132 adalah alternatif pengerjaan *leaf* 1 terlebih dahulu, kemudian *leaf* 3 dan yang terakhir adalah *leaf* 2. Dengan urutan dan waktu proses sebagai berikut

Tabel 6. 3 Waktu Proses Produksi 100 unit *Multi Leaf Spring* Lokal (*Leaf* 132)

<i>Leaf Tipe 1</i>			<i>Leaf Tipe 3</i>			<i>Leaf Tipe 2</i>		
<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>	<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>	<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>
<i>Shearing</i>	16.67	16.67						
<i>Center Hole</i>	16.67	33.33	<i>Shearing</i>	16.67	33.33			
<i>Eye Forming (Berlin)</i>	55.00	88.33	<i>Taper</i>	20.00	53.33	<i>Shearing</i>	16.67	50.00
<i>Eye Forming</i>	55.00	143.33	<i>Center</i>	16.67	70.00	<i>Silincer</i>	16.67	66.67
<i>Heating</i>	23.33	166.67	<i>Clip</i>	16.67	86.67	<i>delay</i>	20.00	86.67
<i>Cambering</i>	16.67	183.33	<i>delay</i>	80.00	166.67	<i>Center</i>	16.67	103.33
<i>Quenching</i>	13.33	196.67	<i>Heating</i>	23.33	190.00	<i>Wrapper</i>	100.00	203.33
<i>Tempering</i>	15.00	211.67	<i>Cambering</i>	16.67	206.67	<i>Heating</i>	23.33	226.67
<i>Stress Shot Peening</i>	20.00	231.67	<i>Quenching</i>	13.33	220.00	<i>Cambering</i>	16.67	243.33
<i>Reaming</i>	43.33	275.00	<i>Tempering</i>	15.00	235.00	<i>Quenching</i>	13.33	256.67
<i>Anti Rust Painting</i>	96.67	371.67	<i>Stress Shot Peening</i>	20.00	255.00	<i>Tempering</i>	15.00	271.67
<i>Press Bushing</i>	36.67	408.33	<i>Delay</i>	116.67	371.67	<i>Stress Shot Peening</i>	20.00	291.67
<i>Waiting</i>	156.67	565.00	<i>Anti Rust Painting</i>	96.67	468.33	<i>Delay</i>	176.67	468.33
			<i>Waiting</i>	96.67	565.00	<i>Anti Rust Painting</i>	96.67	565.00
<i>Clip Clamping & Baut Center Hole</i>							28.33	593.33
<i>Assembling</i>							41.67	635
<i>Setting & Load Testing</i>							41.67	676.67
<i>Final Painting</i>							46.67	723.34
<i>Height Class & P/N</i>							28.30	751.64
<i>Final Inspection</i>							120.00	871.64
<i>Packaging</i>							30.00	901.64

Berdasarkan urutan proses produksi dan hasil perhitungan waktu proses produksi di atas, dapat diketahui bahwa *lead time* proses produksi *leaf* 132 adalah 901.64 menit.

3. *Leaf* 213

Alternatif *leaf* 213 adalah alternatif pengerjaan *leaf* 2 terlebih dahulu, kemudian *leaf* 1 dan yang terakhir adalah *leaf* 3. Dengan urutan dan waktu proses sebagai berikut

Tabel 6. 4 Waktu Proses Produksi 100 unit *Multi Leaf Spring* Lokal (*Leaf* 213)

<i>Leaf Tipe 2</i>			<i>Leaf Tipe 1</i>			<i>Leaf Tipe 3</i>		
<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>	<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>	<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>
<i>Shearing</i>	16.67	16.67						
<i>Center</i>	16.67	33.33	<i>Shearing</i>	16.67	33.33			
<i>silincer</i>	16.67	50.00	<i>Center Hole</i>	16.67	50.00	<i>Shearing</i>	16.67	50.00
<i>Wrapper</i>	100.00	150.00	<i>Eye Forming (Berlin)</i>	55.00	105.00	<i>Taper</i>	20.00	70.00
<i>Heating</i>	23.33	173.33	<i>Eye Forming</i>	55.00	160.00	<i>center</i>	16.67	86.67
<i>Cambering</i>	16.67	190.00	<i>delay</i>	13.33	173.33	<i>clip</i>	16.67	103.33
<i>Quenching</i>	13.33	203.33	<i>Heating</i>	23.33	196.67	<i>delay</i>	93.33	196.67
<i>Tempering</i>	15.00	218.33	<i>Cambering</i>	16.67	213.33	<i>Heating</i>	23.33	220.00
<i>Stress Shot Peening</i>	20.00	238.33	<i>Quenching</i>	13.33	226.67	<i>Cambering</i>	16.67	236.67
<i>Anti Rust Painting</i>	96.67	335.00	<i>Tempering</i>	15.00	241.67	<i>Quenching</i>	13.33	250.00
<i>Waiting</i>	163.33	498.33	<i>Stress Shot Peening</i>	20.00	261.67	<i>Tempering</i>	15.00	265.00
			<i>Reaming</i>	43.33	305.00	<i>Stress Shot Peening</i>	20.00	285.00
			<i>Anti Rust Painting</i>	96.67	401.67	<i>delay</i>	116.67	401.67
			<i>Press Bushing</i>	36.67	438.33	<i>Anti Rust Painting</i>	96.67	498.33
			<i>Waiting</i>	60.00	498.33			
<i>Clip Clamping & Baut Center Hole</i>							28.33	526.66
<i>Assembling</i>							41.67	568.33
<i>Setting & Load Testing</i>							41.67	610

<i>Leaf Tipe 2</i>			<i>Leaf Tipe 1</i>			<i>Leaf Tipe 3</i>		
<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>	<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>	<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>
<i>Final Painting</i>							46.67	656.67
<i>Height Class & P/N</i>							28.30	684.97
<i>Final Inspection</i>							120.00	804.97
<i>Packaging</i>							30.00	834.97

Berdasarkan urutan proses produksi dan hasil perhitungan waktu proses produksi di atas, dapat diketahui bahwa *lead time* proses produksi *leaf* 213 adalah 834.97 menit.

4. *Leaf* 231

Alternatif *leaf* 231 adalah alternatif pengerjaan *leaf* 2 terlebih dahulu, kemudian *leaf* 3 dan yang terakhir adalah *leaf* 1. Dengan urutan dan waktu proses sebagai berikut :

Tabel 6. 5 Waktu Proses Produksi 100 unit *Multi Leaf Spring* Lokal (*Leaf* 231)

<i>Leaf Tipe 2</i>			<i>Leaf Tipe 3</i>			<i>Leaf Tipe 1</i>		
<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>	<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>	<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>
<i>Shearing</i>	16.67	16.67						
<i>Center</i>	16.67	33.33	<i>Shearing</i>	16.67	33.33			
<i>silincer</i>	16.67	50.00	<i>Taper</i>	20.00	53.33	<i>Shearing</i>	16.67	50.00
<i>Wrapper</i>	100.00	150.00	<i>Center</i>	16.67	70.00	<i>delay</i>	20.00	70.00
<i>Heating</i>	23.33	173.33	<i>Clip</i>	16.67	86.67	<i>Center Hole</i>	16.67	86.67
<i>Cambering</i>	16.67	190.00	<i>delay</i>	86.67	173.33	<i>Eye Forming (Berlin)</i>	55.00	141.67
<i>Quenching</i>	13.33	203.33	<i>Heating</i>	23.33	196.67	<i>Eye Forming</i>	55.00	196.67
<i>Tempering</i>	15.00	218.33	<i>Cambering</i>	16.67	213.33	<i>Heating</i>	23.33	220.00
<i>Stress Shot Peening</i>	20.00	238.33	<i>Quenching</i>	13.33	226.67	<i>Cambering</i>	16.67	236.67
<i>Anti Rust Painting</i>	96.67	335.00	<i>Tempering</i>	15.00	241.67	<i>Quenching</i>	13.33	250.00
<i>Waiting</i>	230.00	565.00	<i>Stress Shot Peening</i>	20.00	261.67	<i>Tempering</i>	15.00	265.00

<i>Leaf Tipe 2</i>			<i>Leaf Tipe 3</i>			<i>Leaf Tipe 1</i>		
<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>	<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>	<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>
			<i>delay</i>	73.33	335.00	<i>Stress Shot Peening</i>	20.00	285.00
			<i>Anti Rust Painting</i>	96.67	431.67	<i>Reaming</i>	43.33	328.33
			<i>Waiting</i>	133.33	565.00	<i>Delay</i>	103.33	431.67
						<i>Anti Rust Painting</i>	96.67	528.33
						<i>Press Bushing</i>	36.67	565.00
<i>Clip Clamping & Baut Center Hole</i>							28.33	593.33
<i>Assembling</i>							41.67	635
<i>Setting & Load Testing</i>							41.67	676.67
<i>Final Painting</i>							46.67	723.34
<i>Height Class & P/N</i>							28.30	751.64
<i>Final Inspection</i>							120.00	871.64
<i>Packaging</i>							30.00	901.64

Berdasarkan urutan proses produksi dan hasil perhitungan waktu proses produksi di atas, dapat diketahui bahwa *lead time* proses produksi *leaf* 231 adalah 901.64 menit.

5. *Leaf* 312

Alternatif *leaf* 312 adalah alternatif pengerjaan *leaf* 3 terlebih dahulu, kemudian *leaf* 1 dan yang terakhir adalah *leaf* 2. Dengan urutan dan waktu proses sebagai berikut

Tabel 6. 6 Waktu Proses Produksi 100 unit *Multi Leaf Spring* Lokal (*Leaf* 312)

<i>Leaf Tipe 3</i>			<i>Leaf Tipe 1</i>			<i>Leaf Tipe 2</i>		
<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>	<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>	<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>
<i>Shearing</i>	16.67	16.67						
<i>Taper</i>	20.00	36.67	<i>Shearing</i>	16.67	33.33			
<i>Center</i>	16.67	53.33	<i>delay</i>	20.00	53.33	<i>Shearing</i>	16.67	50
<i>Clip</i>	16.67	70.00	<i>Center Hole</i>	16.67	70.00	<i>Silincer</i>	16.67	66.67

<i>Leaf Tipe 3</i>			<i>Leaf Tipe 1</i>			<i>Leaf Tipe 2</i>		
<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>	<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>	<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>
<i>Heating</i>	23.33	93.33	<i>Eye Forming (Berlin)</i>	55.00	125.00	<i>Delay</i>	3.33	70.00
<i>Cambering</i>	16.67	110.00	<i>Eye Forming</i>	55.00	180.00	<i>Center</i>	16.67	86.67
<i>Quenching</i>	13.33	123.33	<i>Heating</i>	23.33	203.33	<i>Wrapper</i>	100.00	186.67
<i>Tempering</i>	15.00	138.33	<i>Cambering</i>	16.67	220.00	<i>delay</i>	16.67	203.33
<i>Stress Shot Peening</i>	20.00	158.33	<i>Quenching</i>	13.33	233.33	<i>Heating</i>	23.33	226.67
<i>Anti Rust Painting</i>	96.67	255.00	<i>Tempering</i>	15.00	248.33	<i>Cambering</i>	16.67	243.33
<i>Waiting</i>	250.00	505.00	<i>Stress Shot Peening</i>	20.00	268.33	<i>Quenching</i>	13.33	256.67
			<i>Reaming</i>	43.33	311.67	<i>Tempering</i>	15.00	271.67
			<i>Anti Rust Painting</i>	96.67	408.33	<i>Stress Shot Peening</i>	20.00	291.67
			<i>Press Bushing</i>	36.67	445.00	<i>delay</i>	116.67	408.33
			<i>Waiting</i>	60.00	505.00	<i>Anti Rust Painting</i>	96.67	505.00
<i>Clip Clamping & Baut Center Hole</i>							28.33	533.33
<i>Assembling</i>							41.67	575
<i>Setting & Load Testing</i>							41.67	616.67
<i>Final Painting</i>							46.67	663.34
<i>Height Class & P/N</i>							28.30	691.34
<i>Final Inspection</i>							120.00	811.34
<i>Packaging</i>							30.00	841.34

Berdasarkan urutan proses produksi dan hasil perhitungan waktu proses produksi di atas, dapat diketahui bahwa *lead time* proses produksi *leaf 312* adalah 841.34 menit.

6. *Leaf 321*

Alternatif *leaf 321* adalah alternatif pengerjaan *leaf 3* terlebih dahulu, kemudian *leaf 2* dan yang terakhir adalah *leaf 1*. Dengan urutan dan waktu proses sebagai berikut :

Tabel 6. 7 Waktu Proses Produksi 100 unit *Multi Leaf Spring* Lokal (*Leaf 321*)

<i>Leaf Tipe 3</i>			<i>Leaf Tipe 2</i>			<i>Leaf Tipe 1</i>		
<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>	<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>	<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>
<i>Shearing</i>	16.67	16.67						
<i>Taper</i>	20.00	36.67	<i>Shearing</i>	16.67	33.33			
<i>Center</i>	16.67	53.33	<i>Silincer</i>	16.67	50.00	<i>Shearing</i>	16.67	50.00
<i>Clip</i>	16.67	70.00	<i>Delay</i>	3.33	53.33	<i>delay</i>	20.00	70.00
<i>Heating</i>	23.33	93.33	<i>Center</i>	16.67	70.00	<i>Center Hole</i>	16.67	86.67
<i>Cambering</i>	16.67	110.00	<i>Wrapper</i>	100.00	170.00	<i>Eye Forming (Berlin)</i>	55.00	141.67
<i>Quenching</i>	13.33	123.33	<i>Heating</i>	23.33	193.33	<i>Eye Forming</i>	55.00	196.67
<i>Tempering</i>	15.00	138.33	<i>Cambering</i>	16.67	210.00	<i>Heating</i>	23.33	220.00
<i>Stress Shot Peening</i>	20.00	158.33	<i>Quenching</i>	13.33	223.33	<i>Cambering</i>	16.67	236.67
<i>Anti Rust Painting</i>	96.67	255.00	<i>Tempering</i>	15.00	238.33	<i>Quenching</i>	13.33	250.00
<i>Waiting</i>	233.33	488.33	<i>Stress Shot Peening</i>	20.00	258.33	<i>Tempering</i>	15.00	265.00
			<i>Anti Rust Painting</i>	96.67	355.00	<i>Stress Shot Peening</i>	20.00	285.00
			<i>Waiting</i>	133.33	488.33	<i>Reaming</i>	43.33	328.33
						<i>delay</i>	26.67	355.00
						<i>Anti Rust Painting</i>	96.67	451.67
						<i>Press Bushing</i>	36.67	488.33
<i>Clip Clamping & Baut Center Hole</i>							28.33	516.66
<i>Assembling</i>							41.67	558.33
<i>Setting & Load Testing</i>							41.67	600
<i>Final Painting</i>							46.67	646.67
<i>Height Class & P/N</i>							28.30	674.97
<i>Final Inspection</i>							120.00	794.97

<i>Leaf Tipe 3</i>			<i>Leaf Tipe 2</i>			<i>Leaf Tipe 1</i>		
<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>	<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>	<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>
<i>Packaging</i>							30.00	824.97

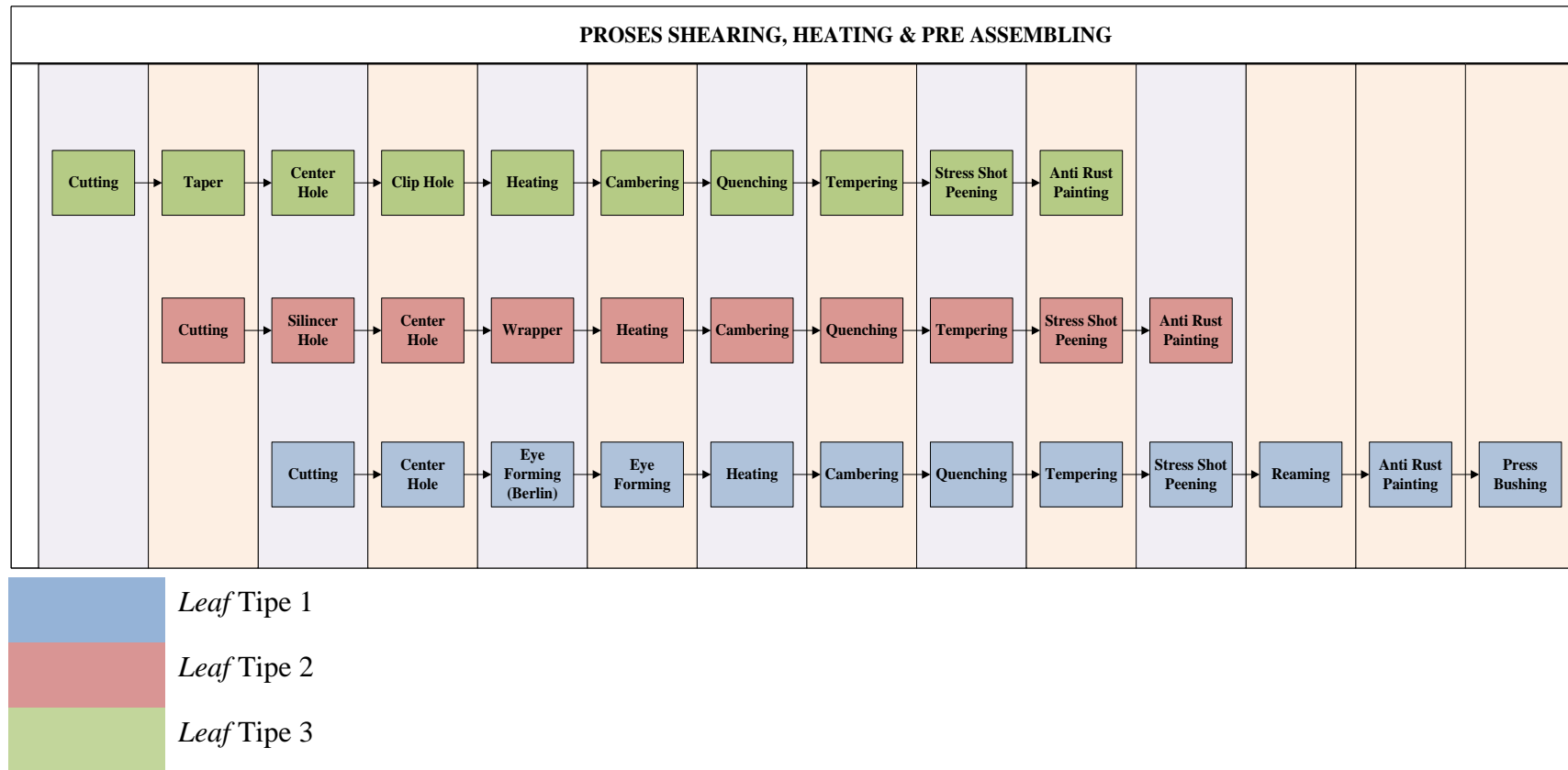
Berdasarkan urutan proses produksi dan hasil perhitungan waktu proses produksi di atas, dapat diketahui bahwa *lead time* proses produksi *leaf* 321 adalah 824.97 menit.

Berdasarkan hasil perhitungan *lead time* pada ke-6 alternatif di atas, dapat direkap hasil *lead time* pada tabel di bawah ini.

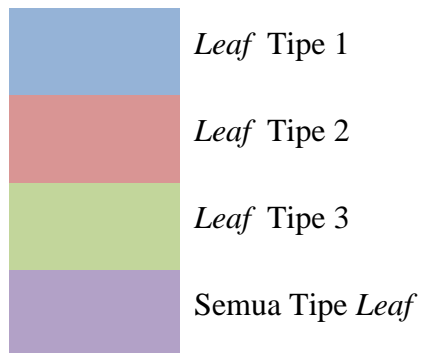
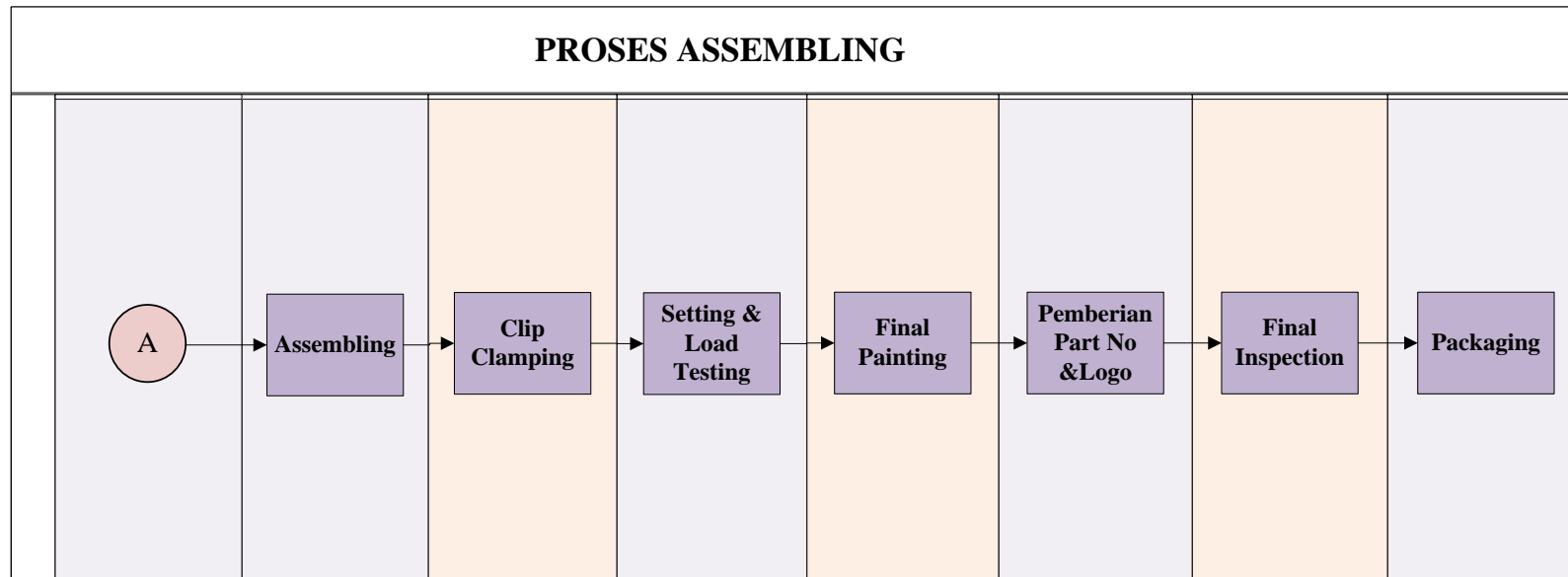
Tabel 6. 8 Rekap Hasil *Lead Time* Alternatif

Kombinasi	Total <i>Lead Time</i> (Menit)
<i>Leaf</i> 123	901.64
<i>Leaf</i> 132	901.64
<i>Leaf</i> 213	834.97
<i>Leaf</i> 231	901.64
<i>Leaf</i> 312	841.34
<i>Leaf</i> 321	824.97

Sehingga berdasarkan Tabel 6.8 di atas dapat diketahui bahwa *lead time* paling kecil adalah pada kombinasi *leaf* 321, dengan total *lead time* proses produksi 824.97 menit. Berikut ini dapat digambarkan urutan aliran proses produksi *multi leaf spring* (*Leaf* 321).



Gambar 6. 2 Rekomendasi Alur Seri dan Paralel Proses Produksi *Multi Leaf Spring* Proses *Shearing*, *Heating*, dan *Pre Assembling*



Gambar 6. 3 Rekomendasi Alur Seri dan Paralel Proses Produksi *Multi Leaf Spring* Proses Assembling

Sehingga, berdasarkan aliran proses produksi Gambar 6.2 dan 6.3 di atas, maka waktu yang diperlukan untuk memproduksi *multi leaf spring* dalam 1 *batch* terdiri dari 100 unit *leaf* dapat dilihat pada Tabel 6.9 di bawah ini :

Tabel 6. 9 Waktu Proses Produksi 100 unit *Multi Leaf Spring* Lokal (Rekomendasi)

<i>Leaf Tipe 1</i>			<i>Leaf Tipe 2</i>			<i>Leaf Tipe 3</i>		
<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>	<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>	<i>Proses</i>	<i>Waktu (Menit)</i>	<i>Kum</i>
<i>Shearing / cutting</i>	16.67	16.67						
<i>Taper</i>	20.00	36.67	<i>Shearing / cutting</i>	16.67	33.33			
<i>Center</i>	16.67	53.33	<i>Silincer</i>	16.67	50.00	<i>Shearing / cutting</i>	16.67	50.00
<i>Clip</i>	16.67	70.00	<i>Delay</i>	3.33	53.33	<i>Delay</i>	20.00	70.00
<i>Heating</i>	23.33	93.33	<i>Center</i>	16.67	70.00	<i>Center Hole</i>	16.67	86.67
<i>Cambering</i>	16.67	110.00	<i>Wrapper</i>	100.00	170.00	<i>Eye Forming (Berlin)</i>	55.00	141.67
<i>Quenching</i>	13.33	123.33	<i>Heating</i>	23.33	193.33	<i>Eye Forming</i>	55.00	196.67
<i>Tempering</i>	15.00	138.33	<i>Cambering</i>	16.67	210.00	<i>Heating</i>	23.33	220.00
<i>Stress Shot Peening</i>	20.00	158.33	<i>Quenching</i>	13.33	223.33	<i>Cambering</i>	16.67	236.67
<i>Anti Rust Painting</i>	96.67	255.00	<i>Tempering</i>	15.00	238.33	<i>Quenching</i>	13.33	250.00
<i>Waiting</i>	233.33	488.33	<i>Stress Shot Peening</i>	20.00	258.33	<i>Tempering</i>	15.00	265.00
			<i>Anti Rust Painting</i>	96.67	355.00	<i>Stress Shot Peening</i>	20.00	285.00
			<i>Waiting</i>	133.33	488.33	<i>Reaming</i>	43.33	328.33
						<i>Delay</i>	26.67	355.00
						<i>Anti Rust Painting</i>	96.67	451.67
						<i>Press Bushing</i>	36.67	488.33
<i>Clip Clamping & Baut Center Hole</i>							28.33	516.66
<i>Assembling</i>							41.67	558.33
<i>Setting & Load Testing</i>							41.67	600
<i>Final Painting</i>							46.67	646.67
<i>Height Class & P/N</i>							28.30	674.97

<i>Final Inspection</i>	120.00	794.97
<i>Packaging</i>	30.00	824.97

Berdasarkan Tabel 4.3 pada bab 4, dapat dilihat bahwa waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan 100 *leaf spring* menggunakan proses *existing* adalah 901.64 menit atau 15.03 jam. Sedangkan, dengan menggunakan alur proses rekomendasi, diperlukan waktu 824.97 menit atau 13.75 jam. Sehingga terdapat selisih 76.67 menit atau 1.28 jam. Dengan total *delay* atau *waiting existing* 651.68 menit atau 10.86 jam, sedangkan total *delay* rekomendasi 416.66, sehingga selisihnya adalah 235.02 menit atau 3.917 jam. Sehingga dapat direkap menggunakan tabel seperti di bawah ini.

Tabel 6. 10 Perbedaan Kondisi *Existing* Dan Rekomendasi

Parameter	<i>Existing</i> perusahaan (menit)	Rekomendasi (menit)	Selisih (menit)
Total waktu proses produksi	901.64	824.97	76.67
Total <i>delay</i> / <i>waiting</i>	651.68	416.66	235.02

Sehingga, sesuai dengan urutan proses produksi terpilih, maka *process activity mapping* (PAM) proses produksi *multi leaf spring* rekomendasi adalah sebagai berikut :

Tabel 6. 11 *Process Activity Mapping* Proses Produksi *Multi Leaf Spring* Lokal

No	Deskripsi Aktivitas	Mesin	Waktu (Menit)	Jumlah Operator	Aktivitas					Tipe Aktivitas		
					O	T	I	S	D	VA	NVA	NNVA
1	Menunggu material dikirim dari gudang <i>raw material</i>		1									
2	Mengirimkan material kepada departemen <i>shearing</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
3	Mengirimkan material kepada departemen <i>shearing</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
4	<i>Set up</i> mesin <i>shearing</i> (tipe 3)		1									
5	Proses <i>shearing</i> tipe 3	<i>Cutting Machine</i>	16.67	1								
6	pemindahan material tipe 3 ke proses <i>taper</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
7	<i>set up</i> mesin <i>punch</i>		1									
8	<i>set up</i> mesin <i>end heating</i> (tipe 3)		1									
9	<i>set up</i> mesin <i>taper roll</i> (tipe 3)		1									
10	Proses <i>taper</i>	<i>Punch Machine, End Heating, Taper Roll</i>	20	2								

No	Deskripsi Aktivitas	Mesin	Waktu (Menit)	Jumlah Operator	Aktivitas					Tipe Aktivitas		
					O	T	I	S	D	VA	NVA	NNVA
		<i>machine</i>										
11	pemindahan material ke proses <i>center hole</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
12	<i>set up</i> mesin <i>power press</i>		1									
13	Proses pembentukan <i>center hole</i>	<i>Power Press</i>	16.67	1								
14	Pemindahan material tipe 2 ke proses <i>clip hole</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
15	<i>set up</i> mesin <i>power press 2</i>		1									
16	Proses <i>Clip Hole</i>	<i>Power Press</i> 2	16.67	1								
17	Pemindahan material tipe 2 ke departemen <i>heating</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
18	Mengecek kesesuaian suhu		1									
19	Proses <i>Heating</i>	<i>Heating furnace</i>	23.3	2								
20	Proses <i>Cambering</i>	<i>Press Quenching Machine</i>	16.67									

No	Deskripsi Aktivitas	Mesin	Waktu (Menit)	Jumlah Operator	Aktivitas					Tipe Aktivitas		
					O	T	I	S	D	VA	NVA	NNVA
21	Proses <i>Quenching</i>	<i>Quenching Machine</i>	13.3									
22	Proses <i>Tempering</i>	<i>Tempering Furnace</i>	15									
23	Pemindahan material ke departemen <i>pre assembly</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
24	<i>Set up</i> mesin SSP		1									
25	Proses <i>stress shot peening</i>	<i>Peening Machine</i>	20	1								
26	Pemindahan material ke <i>primary painting</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
27	Proses pengecat-an	<i>Dipping Machine</i>	97	1								
28	<i>waiting</i> pada proses <i>assembly</i>		233.33									
29	Mengirimkan material kepada departemen <i>shearing</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
30	<i>Set up</i> mesin <i>shearing</i> (tipe 2)		1									
31	Proses <i>shearing</i> tipe 2	<i>Cutting Machine</i>	16.67	1								

No	Deskripsi Aktivitas	Mesin	Waktu (Menit)	Jumlah Operator	Aktivitas					Tipe Aktivitas		
					O	T	I	S	D	VA	NVA	NNVA
32	pemindahan material tipe 2 ke proses <i>silincer</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
33	<i>set up</i> mesin <i>punch</i>		1									
34	proses <i>silincer hole</i>	<i>Punch Machine</i>	16.67	1								
35	pemindahan material ke proses <i>center hole</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
36	Mengantri di proses <i>center hole</i>		3.33									
37	<i>set up</i> mesin <i>power press</i>		1									
38	Proses pembentukan <i>center hole</i>	<i>Power Press</i>	16.67	1								
39	Pemindahan material tipe 2 ke proses <i>wrapper forming</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
40	<i>set up</i> mesin <i>end heating</i> (tipe 2)		1									
41	<i>set up</i> mesin <i>wrapper forming</i> (tipe 2)		1									
42	Proses <i>wrapper forming</i> (tipe 2)	<i>End Heating & Wrapper Forming Machine</i>	100	1								
43	Pemindahan material tipe 2 ke	<i>Forklift</i>	2	1								

No	Deskripsi Aktivitas	Mesin	Waktu (Menit)	Jumlah Operator	Aktivitas					Tipe Aktivitas		
					O	T	I	S	D	VA	NVA	NNVA
	departemen <i>heating</i>											
44	<i>Delay</i> mengantri di departemen <i>heating</i>		2									
45	Mengecek kesesuaian suhu		1									
46	Proses <i>Heating</i>	<i>Heating furnace</i>	23.3	2								
47	Proses <i>Cambering</i>	<i>Press Quenching Machine</i>	16.67									
48	Proses <i>Quenching</i>	<i>Quenching Machine</i>	13.3									
49	Proses <i>Tempering</i>	<i>Tempering Furnace</i>	15									
50	Pemindahan material ke departemen <i>pre assembly</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
51	<i>Set up</i> mesin SSP		1									
52	Proses <i>stress shot peening</i>	<i>Peening Machine</i>	20	2								
53	Pemindahan material ke <i>primary</i>	<i>Forklift</i>	2	1								

No	Deskripsi Aktivitas	Mesin	Waktu (Menit)	Jumlah Operator	Aktivitas					Tipe Aktivitas		
					O	T	I	S	D	VA	NVA	NNVA
	<i>painting</i>											
54	Proses pengecat-an	<i>Dipping Machine</i>	97	1								
55	<i>Waiting</i> pada proses <i>assembly</i>		133.33									
56	Mengirimkan material kepada departemen <i>shearing</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
57	<i>Set up</i> mesin <i>shearing</i> (tipe 1)		1									
58	Proses <i>shearing</i> tipe 1	<i>Cutting Machine</i>	16.67	1								
59	pemindahan material ke proses <i>center hole</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
60	Menunggu di proses <i>center hole</i>		20									
61	<i>set up</i> mesin <i>power press</i>		1									
62	Proses pembentukan <i>center hole</i>	<i>Power Press</i>	16.67	1								
63	Pemindahan material tipe 1 ke proses <i>eye forming</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
64	<i>set up</i> mesin <i>end heating</i> (tipe 1)		1									
65	<i>set up</i> mesin <i>eye forming</i> (berlin) (tipe 1)		1									

No	Deskripsi Aktivitas	Mesin	Waktu (Menit)	Jumlah Operator	Aktivitas					Tipe Aktivitas		
					O	T	I	S	D	VA	NVA	NNVA
66	Proses <i>eye forming</i> (berlin) (tipe 1)	<i>End Heating & Eye Forming Machine</i>	55	1								
67	<i>set up</i> mesin <i>eye forming</i> (tipe 1)		1									
68	Proses <i>eye forming</i> (tipe 1)	<i>End Heating & Eye Forming Machine</i>	55	1								
69	Pemindahan material ke departemen <i>heating</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
70	<i>Set up</i> mesin <i>heating</i>		1									
71	Menunggu suhu optimum		8									
72	Proses <i>Heating</i>	<i>Heating furnace</i>	23.3	2								
73	Proses <i>Cambering</i>	<i>Press Quenching Machine</i>	16.67									
74	Proses <i>Quenching</i>	<i>Quenching</i>	13.3									

No	Deskripsi Aktivitas	Mesin	Waktu (Menit)	Jumlah Operator	Aktivitas					Tipe Aktivitas		
					O	T	I	S	D	VA	NVA	NNVA
		<i>Machine</i>										
75	Proses <i>Tempering</i>	<i>Tempering Furnace</i>	15									
76	Pemindahan material ke departemen <i>pre assembly</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
77	<i>Set up</i> mesin SSP		1									
78	Proses <i>stress shot peening</i>	<i>Peening Machine</i>	20	2								
79	Pemindahan material ke <i>primary painting</i>	<i>Forklift</i>	2									
80	Menunggu di proses <i>primary painting</i>		26.67									
81	Proses pengecat-an	<i>Dipping Machine</i>	97	1								
82	Pemindahan material ke <i>bushing</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
83	Penyiapan <i>bushing</i>		3									
84	Pemasangan <i>bushing</i> pada material tipe 1	<i>Press Bushing Machine</i>	37	1								
85	Menyatukan 3 tipe (<i>assembling</i>)		41.67									

No	Deskripsi Aktivitas	Mesin	Waktu (Menit)	Jumlah Operator	Aktivitas					Tipe Aktivitas		
					O	T	I	S	D	VA	NVA	NNVA
86	Memasang <i>clip</i> (proses <i>clip clamping</i>)	<i>Clip clamping machine</i>	28.3	1								
87	Memasang baut <i>center hole</i>		28.3									
88	Proses <i>setting & load testing</i>	<i>Setting & Load Test Machine</i>	41.67	1								
89	Pemindahan material ke proses <i>final painting</i>	<i>Forklift</i>	2	1								
90	Pengisian cat dan <i>set up</i> mesin		5									
91	proses <i>final painting</i>	<i>Painting Machine</i>	46.67	1								
92	Proses pengeringan cat		5									
93	Pemberian part no dan logo		28.3									
94	Pemindahan material ke OGI	<i>Forklift</i>	5	1								
95	Proses <i>final inspection</i>		120									
96	Proses <i>packaging</i>		30									
97	Menunggu kapasitas maksimum <i>truck</i> terpenuhi		450									

No	Deskripsi Aktivitas	Mesin	Waktu (Menit)	Jumlah Operator	Aktivitas					Tipe Aktivitas		
					O	T	I	S	D	VA	NVA	NNVA
98	Transfer ke <i>Truck</i>	<i>Forklift</i>	25	1								
99	Transfer ke Gudang Barang Jadi	<i>Truck</i>	45	1								
100	Penyimpanan dalam gudang barang jadi	<i>Forklift</i>										

Tabel 6. 12 Jumlah dan Proporsi Waktu Setiap Aktivitas

Aktivitas	Jumlah	Waktu	Prosentase	VA	NNVA	NVA
<i>Operation</i>	60	1231.08	52.3%	36	24	
<i>Transportation</i>	25	119.00	5.0%		25	
<i>Inspection</i>	3	122.00	5.0%		3	
<i>Storage</i>	1		0.0%		1	
<i>Delay</i>	11	880.66	37.7%		1	10
TOTAL	100	2352.74	100.0 %	36	54	10

Tabel 6. 13 Perbedaan Kondisi *Existing* Dan Rekomendasi

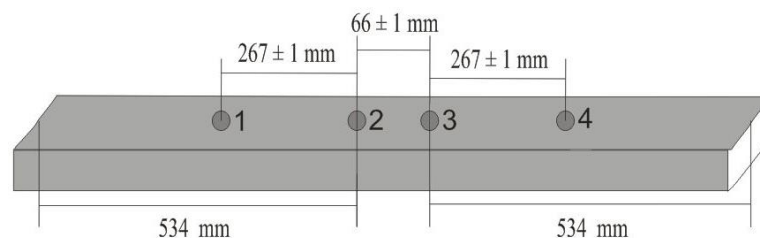
Indikator	Exsisting perusahaan	Rekomendasi	Selisih
Total <i>Operation</i>	48.8 %	52.3 %	3.5 %
Total <i>Delay</i>	42.2 %	37.7 %	- 4.5 %

Sehingga dengan menerapkan urutan proses produksi *multi leaf spring* lokal sesuai rekomendasi di atas, maka dapat menurunkan *lead time* produksi sebesar 76.67 menit serta dapat menurunkan total *waiting time* atau *delay* sebesar 235.02. Dengan perbedaan total proses jenis operasi pada *existing* adalah sebesar 48.8%, sedangkan total proses jenis operasi rekomendasi adalah 52.3%. sedangkan total proses *delay existing* adalah sebesar 42.2%, sedangkan total *delay* rekomendasi adalah 37.7%.

6.2 Pembuatan Jig Mesin Power Press Proses Clip & Silincer Hole

Clip dan *silincer hole* merupakan proses pelubangan material *leaf spring* pada area kanan dan kiri untuk tempat *clip*. Perbedaan antara *clip* dan *silincer* adalah dimana *clip* merupakan proses pelubangan sampai membentuk lubang 100%, sedangkan *silincer hole* merupakan proses pelubangan 75%. Pada *clip* dan *silincer hole* menggunakan mesin *power press*.

Berikut ini merupakan standar ukuran lubang *clip* dan *silincer* yang ditunjukkan pada lubang nomor 1 dan 4.



Gambar 6. 4 Dimensi *Center*, *Clip* dan *Silincer Hole*

Proses pembentukan lubang *clip* dan *silincer* menggunakan mesin yang sama dan dengan langkah yang sama. Yang membedakan adalah pemakanan yang dilakukan untuk menghasilkan lubang. Proses pelubangan diawali dengan *set up* mesin *power press* sesuai pemakanan yang diperlukan (*Clip* : pemakanan 100%, *silincer* : pemakanan 75%). Setelah itu meletakkan material *flat bar* ke meja mesin *power press*, operator memegang ujung material *flat bar*, dan operator menekan tombol *on* pada mesin *power press*.

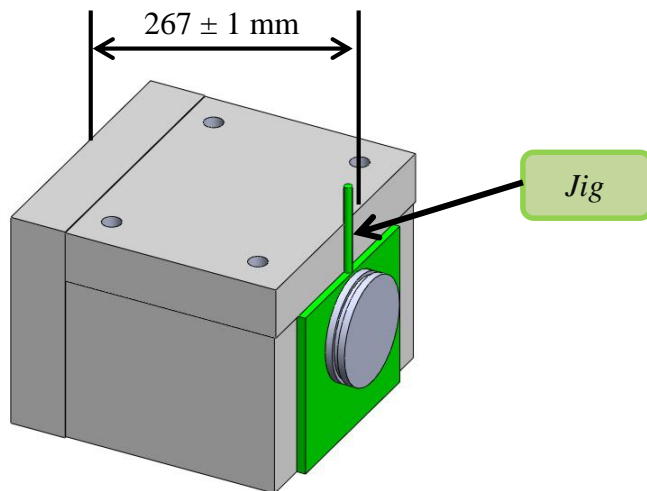
Berikut ini merupakan gambar meja mesin *power press existing*.



Gambar 6. 5 Kondisi Mesin *Power Press Existing*

Berdasarkan Gambar 6.5, dapat diketahui bahwa pada meja mesin *power press* tidak terdapat alat bantu agar material *flat bar* tidak mudah bergeser. Pada proses pembuatan lubang, tidak jarang getaran yang dihasilkan selama proses menyebabkan material bergeser. Bergesernya material menyebabkan jarak lubang *clip* dan *silincer* ke *center hole* bervariasi dan hal inilah dapat menyebabkan *defect* jika selisih jarak lubangnya nya terpaut besar. Sehingga diperlukan alat bantu untuk menghindari terjadinya pergeseran material *flat bar*.

Berikut ini merupakan desain *jig* yang didesain sebagai tempat lubang *center hole* yang bertujuan agar material *flat bar* tidak mudah bergeser.



Gambar 6. 6 Desain *Jig* Rekomendasi Mesin *Power Press*

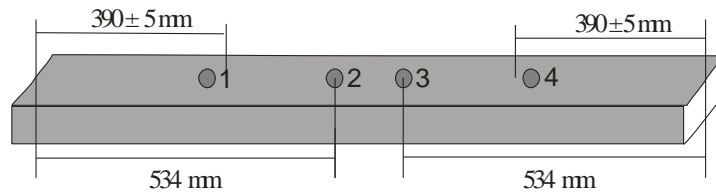
Jig yang didesain merupakan tempat masuknya lubang *center hole* pada material *flat bar*, dengan adanya *jig* tersebut, maka material tidak akan mudah bergeser, sehingga dapat mengurangi variasi ukuran lubang *clip* dan *silincer hole*. Material *jig* terbuat dari baja yang memiliki diameter lebih kecil dengan selisih (± 0.05 mm) agar mudah dalam memasukkan lubang *center hole* ke *jig* mesin. Dengan menggunakan desain *jig* di atas, maka pergeseran material *flat bar* dapat diminimalkan, sehingga variasi jarak lubang *clip* dan *silincer* dapat dikurangi.

6.3 Perbaikan Desain *Stopper Taper*

Proses *taper* merupakan proses pembentukan material *leaf spring* yang memipihkan pada bagian ujungnya. Pada proses *taper*, dilakukan dengan memanaskan ujung kanan/kiri *flat bar* ke dalam *end heating machine*, kemudian proses pemipihan dengan *taper roll machine*.

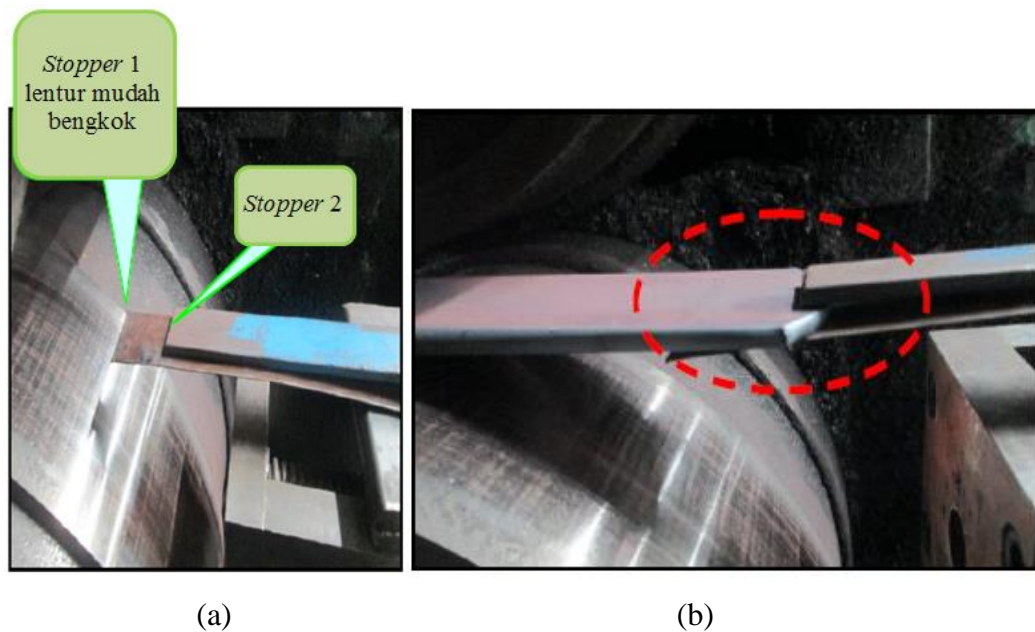
Pada proses pemipihan dengan *taper roll machine*, *stopper taper* yang berfungsi sebagai pengganjal ujung material agar ukuran ujung material yang perlu untuk dipipihkan sesuai dengan spesifikasi. Namun *stopper* tersebut lentur, sehingga material mudah terperosot, masuk kedalam *stopper*, sehingga menyebabkan ukuran ujung yang dipipihkan melebihi spesifikasi, dan berdampak pada banyaknya variasi proses *taper* yang dihasilkan.

Berikut merupakan spesifikasi panjang ujung *flat bar* yang harus dipipihkan :



Gambar 6. 7 Spesifikasi Material *Flat Bar* Proses *Taper*

Berdasarkan Gambar 6.7 di atas, panjang kedua ujung yang harus dipipihkan adalah 390 ± 5 mm. Namun dalam kenyataannya, ukuran material yang terpipihkan kerap kali melebihi spesifikasi, akibat *stopper* nya lentur, sehingga material mudah terperosot. *Stopper* pada mesin taper terdiri dari 2 *stopper*, seperti pada gambar di bawah ini :

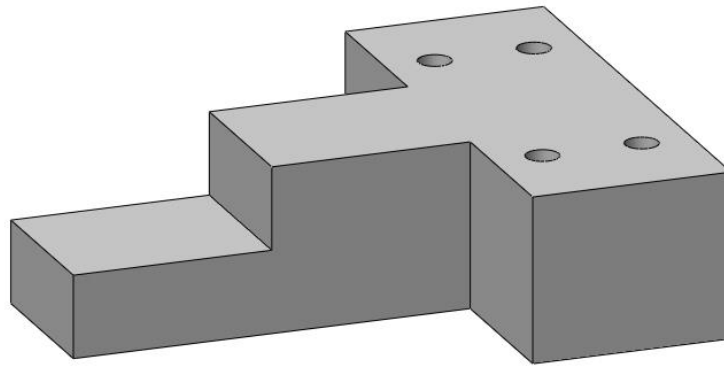


Gambar 6. 8 Gambar (a) dan (b) Merupakan Kondisi *stopper existing*

Stopper 1 pada mesin taper ini lentur dan mudah bengkok karena material yang digunakan sangat tipis dan kekuatannya lebih kecil dibandingkan dengan material *flat bar*. Sedangkan *stopper* 2 material yang digunakan sama

dengan material *flat bar*, dengan ketebalan dan kekuatan *stopper 2* sama dengan ketebalan dan kekuatan *flat bar*. Selain itu, material *flat bar* yang mudah tererosot kedalam *stopper* disebabkan karena *stopper 1* dan *stopper 2* bukan merupakan satu kesatuan komponen, melainkan komponen yang terpisah, sehingga dapat menyebabkan *stopper* tidak dapat berfungsi maksimal.

Agar *stopper* tidak lentur dan tidak menyebabkan material *flat bar* tererosot kedalam *stopper*, maka *stopper* harus terbuat dari material yang memiliki kekuatan minimal sama dengan kekuatan material *flat bar*, *stopper 1* dan *stopper 2* didesain menjadi satu kesatuan, sehingga material *flat bar* tidak dapat tererosot kedalam *stopper*.



Gambar 6. 9 Desain *Stopper* Rekomendasi

Dengan desain *stopper* yang dibuat dari baja seperti desain di atas, maka material *flat bar* tidak akan mudah tererosot. Sehingga diharapkan dapat mengurangi variasi spesifikasi hasil *taper*. Selain itu *stopper* di atas didesain secara fleksibel, sehingga dapat menyesuaikan kebutuhan panjang dan dapat dipindahkan. *Stopper* dibuat dengan terdapat tumpuan ujungnya, dimana berat dari *stopper* ini melebihi berat material *flat bar*, sehingga *stopper* ini ketika bekerja tidak dapat bergeser.

6.4 Pembuatan SOP Penanganan Material/Produk *Defect* dan *Scrap*

Terdapatnya material/produk *defect* dan *scrap* yang tidak tertata rapi di sekitar area lantai produksi, tidak adanya penggolongan material material/produk

defect dan *scrap* dapat menyebabkan timbulnya *waste inventory*. Hal tersebut menyebabkan lebih lamanya waktu yang diperlukan dalam menangani material tersebut sehingga diperlukan penggolongan jenis *waste* material tersebut serta cara menangani *waste* material tersebut, sehingga memudahkan dalam pencarian dan penanganan *waste* material tersebut.

Perusahaan *leaf spring* ini belum memiliki standar operasional prosedur (SOP) tertulis tentang penanganan terhadap material/produk *defect* dan *scrap*. Sehingga perlu dibuat SOP tertulis terhadap penanganan barang/produk *defect* dan *scrap* serta penggolongan jenis *waste* tersebut. Dalam pembuatan SOP ini, dilakukan wawancara dengan pihak perusahaan yakni dengan asisten manajer produksi dan asisten manajer QC. Wawancara dilakukan untuk memperoleh informasi terkait pengolahan material/produk *defect* dan *scrap*. Hasil wawancara tersebut kemudian dibuat sebagai referensi dalam pembuatan SOP, setelah SOP dibuat dilakukan validasi dengan asisten manajer produksi terkait isi dari SOP terhadap penanganan barang/produk *defect* dan *scrap* serta penggolongan jenis *waste*.

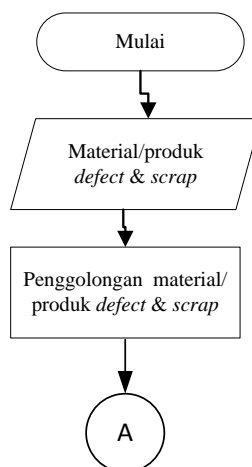
Standar operasional prosedur yang baik harus ditulis dalam format yang ringkas, langkah-demi-langkah, mudah dibaca dan dipahami, informasi yang disajikan harus tidak ambigu serta menggunakan kalimat aktif (U.S. *Environmental Protection Agency*, 2007). Informasi yang terdapat dalam SOP harus dapat dijelaskan dengan jelas, dan sesuai dengan kebutuhan, serta menggunakan *flow chart* untuk menggambarkan proses yang telah dideskripsikan

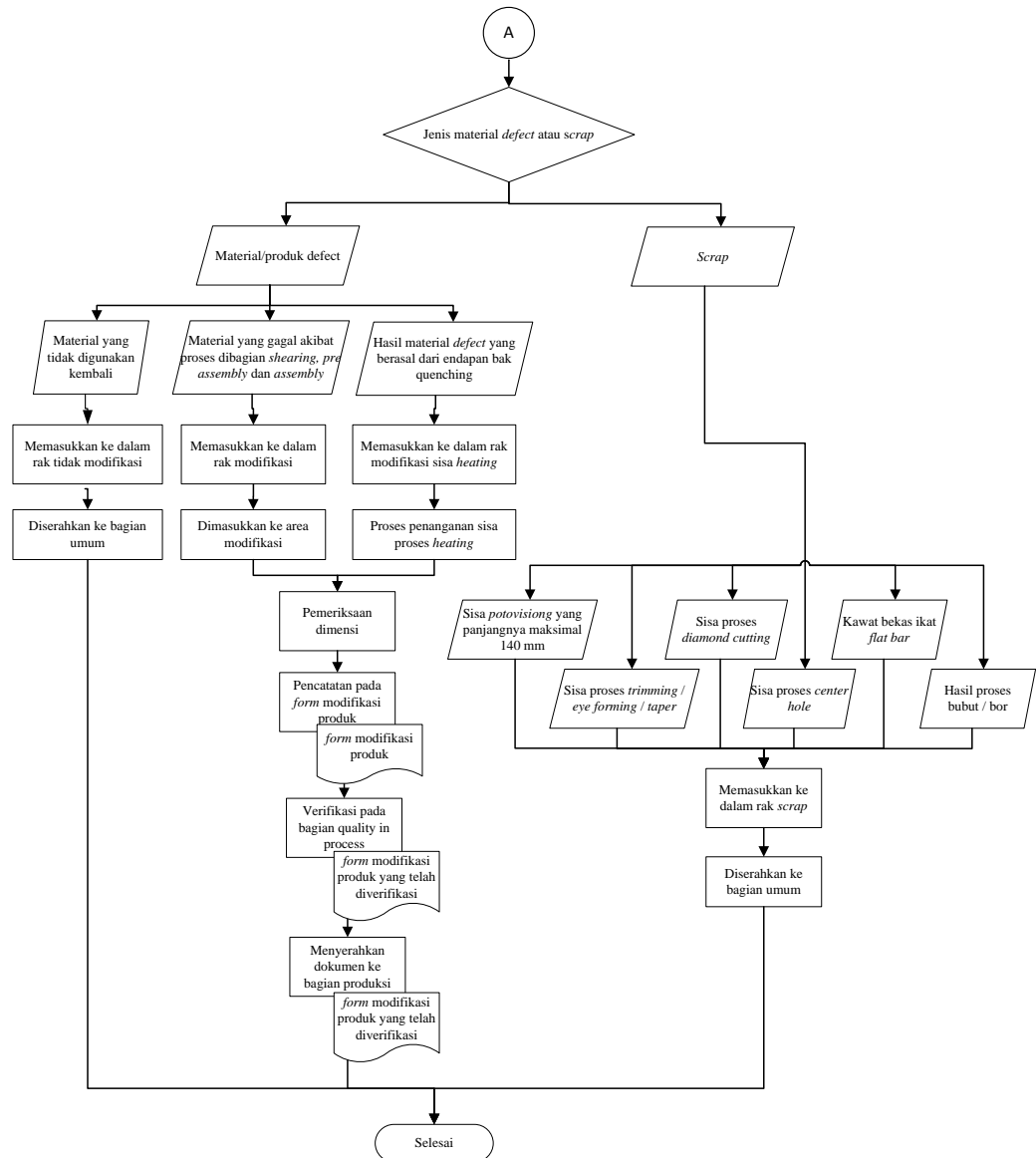
Berikut ini merupakan SOP material/produk *defect* dan *scrap* serta penggolongan jenisnya.

	STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR	No. Dok :
		Tgl. Terbit :
		No. Rev :
		Halaman :
Departemen Produksi		
PENANGANAN MATERIAL/PRODUK <i>DEFECT & SCRAP</i>		
<p>1. TUJUAN Panduan kerja ini bertujuan agar material/produk <i>defect</i> dan <i>scrap</i> dapat tersimpan secara tepat sesuai golongan dan pemanfaatannya.</p> <p>2. RUANG LINGKUP Prosedur ini mencakup proses pemilahan material/produk <i>defect</i> dan <i>scrap</i> sesuai jenis dan cara pengolahannya, dan penyimpanan material/produk <i>defect</i>.</p> <p>3. DEFINISI</p> <p>3.1. Material/produk <i>defect</i> adalah material gagal proses akibat proses <i>shearing, heating, pre assembly</i> dan <i>assembly</i>.</p> <p>3.2. <i>Scrap</i> adalah material sisa dari proses pemotongan.</p> <p>3.3. Bagian umum dalam perusahaan adalah bagian yang memproses penjualan hasil <i>scrap</i> dan material yang tidak dapat diproses ulang.</p> <p>4. RINCIAN PROSEDUR Prosedur penanganan pengeluaran material/produk <i>defect & scrap</i> adalah sebagai berikut :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Terdapatnya material/produk <i>defect & scrap</i> dari lini produksi ke area karantina/gagal proses 2. Menentukan, menggolongkan dan memilah material/produk <i>defect & scrap</i>, dengan penggolongan sebagai berikut : 3. Material/Produk <i>defect</i> : material gagal proses akibat proses <i>shearing, heating, pre assembly</i> dan <i>assembly</i>. Material/produk <i>defect</i> terdiri dari <ol style="list-style-type: none"> a. Material yang tidak digunakan kembali dan keberadaannya perlu <i>diminimize</i>, dan material ini langsung dapat diletakkan ke dalam golongan rak “tidak modifikasi” b. Material yang gagal akibat proses dibagian <i>shearing, pre assembly</i> dan <i>assembly</i> serta keberadaannya perlu <i>diminimize</i>. Barang ini diletakkan ke dalam rak “modifikasi” c. Hasil material <i>defect</i> yang berasal dari endapan bak <i>quenching</i> yakni barang gagal proses <i>heating, quenching</i> dan <i>tempering</i>. Material ini diletakkan ke dalam rak “modifikasi sisa <i>heating</i>” <p>▪ <i>Scrap</i> : yang tergolong dalam <i>scrap</i> adalah :</p>		

- a. Sisa potong yang panjangnya maksimal 140 mm
 - b. Sisa proses *trimming* / *eye forming* / *taper*
 - c. Sisa proses *diamond cutting*
 - d. Sisa proses *center hole*
 - e. Kawat bekas ikat *flat bar*
 - f. Hasil proses bubut / bor
3. Memasukkan material yang dikirim bagian produksi ke dalam rak masing-masing golongan, sesuai dengan identifikasi material di area karantina. Terdapat 4 rak, yakni rak *scrap*, rak material modifikasi, rak material modifikasi sisa *heating* dan rak material tidak modifikasi. Setiap 3 kali sehari, maka material tersebut siap di proses baik dilakukan modifikasi, maupun dikirim ke bagian umum.
4. Proses pemilahan material yang akan dimodifikasi
 - a. Material yang dapat dimodifikasi langsung dapat masuk ke area modifikasi
 - b. Material sisa *heating* ditangani sesuai dengan prosedur kerja penanganan sisa proses *heating*.
 - c. Material yang tidak dapat dimodifikasi dikategorikan sebagai *scrap* dan dapat langsung diserahkan ke bagian umum
5. Untuk hasil pengerjaan modifikasi harus dilakukan pemeriksaan dimensi dan dicatat pada *form* modifikasi produk yang telah di verifikasi oleh bagian *quality in proses* dan diserahkan ke bagian produksi untuk diproses sesuai dengan proses yang telah ditentukan.
6. *Waste* hasil potongan dari modifikasi dan material yang tergolong dalam *scrap* dapat disimpan di area karantina (rak *scrap*) untuk nantinya diserahkan ke bagian umum untuk diproses.
7. Proses penanganan produk *defect* dan *scrap* di area karantina/gagal proses selesai

5. BAGAN ALIR PELAKSANAAN





6. DOKUMEN PENDUKUNG

1. *Form modifikasi produk*

7. PENANGGUNG JAWAB

1. *General Manager*
2. *Manager Produksi*
3. *Manager Quality*
4. *Staff Produksi*
5. *Staff Quality*

8. CATATAN

8.1 Kriteria Keberhasilan

1. *Waste material* telah digolongkan sesuai identifikasi rak
2. Area karantina terlihat rapi, bersih, dan tidak berantakan
3. *Waste material* tidak tersimpan lama di area produksi

6.6 Penerapan 5S pada Tools

5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu* dan *Shitsuke*) atau yang lebih dikenal dengan 5R (Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, dan Rajin), telah diterapkan oleh perusahaan *spring* amatan. Program kerja 5S yang telah diterapkan oleh perusahaan *spring* amatan diantaranya adalah, pewarnaan pada area jalan pada pabrik; menempelkan *banner* 5R; menyediakan alat kebersihan berupa sapu, cikrak, lap, dan sejenisnya; serta pembersihan secara berkala setelah proses produksi. Program kerja 5S merupakan tanggung jawab dari departemen *Quality Assurance* (QA).

Menurut *International Trade Center* (2012), berikut ini merupakan 5 tahapan penerapan 5S, antara lain :

Tabel 6. 14 Langkah Penerapan 5S

Langkah	<i>Corresponding Action</i>
<i>Seiri (Sort)</i>	Proses pemisahan item kedalam kategori yang dibutuhkan dan tidak dibutuhkan, serta membuang item yang sudah tidak diperlukan atau digunakan
<i>Seiton (Set in order)</i>	Menempatkan segala item pada tempatnya yang telah disediakan, sesuai golongan atau rak yang telah disediakan
<i>Seiso (Shine)</i>	Memastikan bahwa lingkungan kerja selalu dalam keadaan bersih
<i>Seiketsu (Standardize)</i>	Melaksanakan dan memonitor kedisiplinan penerapan dari 3S yakni <i>sort, set in order</i> dan <i>shine</i> .

Langkah	<i>Corresponding Action</i>
<i>Shitsuke (Sustain)</i>	Memastikan dan menjaga bahwa penerapan 5S pada lingkungan kerja telah diterapkan secara benar dan kontinyu atau terus menerus

Sumber : *International Trade Center*, 2012

Program kerja 5S yang diterapkan perusahaan *spring* amatan terbagi menjadi 2 aspek, yakni pada *office* dan *shop floor*. Namun dalam kenyataannya, 5S pada area *shop floor* tidak dilaksanakan dan tidak terkontrol dengan baik. Sehingga hal ini dapat menyebabkan terganggunya proses produksi perusahaan, seperti pencarian peralatan lebih lama, area lantai produksi tidak bersih, dan lain sebagainya. Menurut Hunglin (2011), peralatan atau komponen dalam perusahaan yang tidak ter kategorisasi dengan baik (*poor workplace*) dapat menurunkan efisiensi dalam perusahaan.

Permasalahan 5S dalam perusahaan *spring* amatan adalah dalam hal peralatan, dimana kesadaran operator terhadap berjalannya 5S pada peralatan dinilai kurang, selain itu fasilitas dalam penerapan 5S pada *tools* seperti *shadow board*, label pada peralatan, dan lainnya juga dinilai kurang. Permasalahan lain yang dijelaskan oleh asisten manajer produksi diantaranya adalah kesadaran operator untuk meletakkan peralatan produksi pada tempatnya, mengembalikan peralatan produksi setelah digunakan, dan kurangnya komitmen manajemen terhadap berjalannya 5S pada *tools*. Hal inilah yang dinilai dapat menurunkan efisiensi dan menimbulkan *wasting time* dalam pencarian *tools*.

Berikut ini merupakan kondisi 5S pada *tools* di perusahaan *spring* amatan:

Tabel 6. 15 Kondisi 5S Pada *Tools* di Perusahaan *Spring Amatan*

Elemen 5S	Temuan	Dokumentasi	Usulan Perbaikan
<i>Sort</i>	<ul style="list-style-type: none"> Tools diletakkan secara acak di rak Tidak terdapat penggolongan jenis tools Tools yang sudah tidak dapat digunakan masih terdapat di rak 		<ul style="list-style-type: none"> Melakukan penataan tools di rak, menggolongkan tools berdasarkan jenis Menerapkan <i>stratification management</i> berdasarkan frekuensi penggunaan Menggunakan <i>red tag</i> pada tools yang sudah tidak digunakan lagi
<i>Set in order</i>	Tidak ada label / identifikasi rak pada tools komponen mesin		Membuat label yang ditempel pada rak untuk mengidentifikasi jenis atau tipe tools
	Tidak ada identifikasi dan informasi pada rak		Menampilkan identifikasi informasi pada rak
<i>Shine</i>	Terdapat tools berserakan di sekitar area produksi		Meletakkan tools sesuai dengan tempat yang telah disediakan
	Almari peralatan kotor dan berdebu		Melakukan pembersihan lemari secara berkala dari debu dan kotoran
<i>Standardize</i>	Tidak ada peraturan tertulis untuk melakukan <i>sorting</i> , <i>set in order</i> dan	-	Membuat peraturan tertulis untuk melakukan <i>sorting</i> , <i>set in order</i> dan

Elemen 5S	Temuan	Dokumentasi	Usulan Perbaikan
	<i>shine</i> pada <i>tools</i> .		<i>shine</i> .
	Tidak adanya standar dalam penyimpanan <i>tools</i>	-	Membuat standar penyimpanan <i>tools</i>
<i>Sustain</i>	Tidak adanya aturan 5 <i>minute for 5S Tools</i> diakhir shift kerja	-	Membuat aturan 5 <i>minute for 5S Tools</i> di awal dan di akhir <i>shift</i> kerja

Berdasarkan hasil temuan dan hasil pengamatan terhadap kondisi *existing* di atas, maka dapat dianalisis sebagai berikut :

1. *Sort*

Pada elemen *sort existing*, *tools* diletakkan secara acak dan tidak ada penggolongan jenis *tools* berdasarkan frekuensi penggunaan. Untuk itu dilakukan usulan perbaikan berupa penataan *tools* di rak dengan rapi serta penerapan *stratification management*. Penerapan *sort* yang dapat diterapkan pada perusahaan *spring* ini adalah sebagai berikut :

- Menerapkan *stratification management* pada *tools* atau metode *sorting* yang lainnya
- Menerapkan sistem *red tag*
- Menentukan area penyimpanan pada *tools*
- Membuat *check list tools*

Stratification management merupakan salah satu elemen dari 5S yakni *sort*. *Sort* adalah proses memilah dan mengatur item kedalam klasifikasi barang sangat penting, penting, sering digunakan, tidak berguna atau item yang tidak diperlukan segera (Vankatesh, 2007). *Stratification management* digunakan untuk mengelompokkan item dalam 3 kategori yakni *generally needed (high)*, *sometimes needed (medium)*, dan *unnecessary needed (low)*.

Berikut merupakan contoh *stratification management form* yang diklasifikasikan berdasarkan frekuensi penggunaan.

Tabel 6. 16 *Stratification Management (Sorting Criteria)*

No	Penggunaan	Frekuensi Penggunaan	Metode Penyimpanan
1	Low	Item tidak digunakan satu tahun terakhir	Membuangnya
2		Item digunakan 6-12 bulan terakhir	Menyimpannya pada area dengan jarak tertentu dari area kerja
3	Average	Item digunakan sekali pada 1-6 bulan	Menyimpan pada pusat area kerja
4		Item digunakan satu kali dalam sebulan	
5	High	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Item digunakan satu kali dalam satu minggu ▪ Item digunakan setiap hari, ▪ Item digunakan per jam 	Menyimpannya dekat dengan area kerja

Sumber : Vankatesh, 2007

Saat ini, perusahaan *spring* belum menerapkan *stratification management* pada *tools*. Sehingga perlu dilakukan *stratification management tools* pada perusahaan. Berikut merupakan *stratification management* pada item yang digunakan perusahaan.

Tabel 6. 17 Rekomendasi *Stratification Management* Pada *Tools* Di Lantai Produksi

Nama Item	Penggunaan	Frekuensi Penggunaan	Metode Penyimpanan
<i>Chuck Loader</i> tak terpakai	<i>Low</i>	Item tidak digunakan satu tahun terakhir	Membuangnya
<i>Gripper</i> terdeformasi			
<i>Dies Cambering</i> aus			
<i>Dies Cambering Repair</i>		Item digunakan 6-12 bulan terakhir	Menyimpannya pada area dengan jarak tertentu dari area kerja
<i>Swinger plate</i>			
<i>Chuck Loader</i>			
<i>Stopper loader</i>	<i>Average</i>	Item digunakan sekali pada 1-6 bulan terakhir	Menyimpan pada pusat area kerja
Hidrolik mesin <i>heating</i>			
Tang		Item digunakan lebih dari satu kali dalam sebulan	
Kunci inggris			
Kunci <i>Ring set</i>			
Pisau <i>trimming</i>			
Palu			
<i>Gator grip</i>			
Obeng <i>set</i>			

Nama Item	Penggunaan	Frekuensi Penggunaan	Metode Penyimpanan
Penggaris	<i>High</i>	Item digunakan sekali dalam satu minggu, item digunakan setiap hari, item digunakan per jam	Menyimpannya dekat dengan area kerja
Jangka Sorong			
<i>Dies Cambering</i>			
<i>Jig Clip & Silincer Hole</i>			
Meteran			
<i>Camber gauge</i>			
<i>Bushing</i>			
Baut			
<i>Clip</i>			
Sarung Tangan pelindung			
Helm pelindung			
Kaca Mata pelindung			

Berdasarkan Tabel 6.17, penggolongan *tools* berdasarkan frekuensi penggunaan didapatkan dari hasil wawancara dengan operator produksi pada masing-masing departemen. Setelah itu, dilakukan verifikasi dengan manager produksi terhadap *stratification management tools* yang telah dibuat. Dengan adanya pembagian klasifikasi item berdasarkan frekuensi penggunaan dan metode penyimpanan yang dapat diterapkan, diharapkan dapat membantu perusahaan mengurangi waktu untuk mencari item/*tools*, serta mengurangi biaya penyimpanan terhadap item yang tidak terpakai. Selain *stratification management* pada *tools*, peletakan *tools* juga perlu diatur, *tools* diletakkan sesuai jenisnya, sesuai rak yang telah disediakan.

Selain itu, berdasarkan hasil pengamatan dapat dilihat bahwa perusahaan belum menerapkan *red tag* sebagai identitas *tool* yang sudah tidak digunakan lagi untuk dilakukan pemusnahan, dijauhkan dari area kerja, serta pemindahan ke area karantina barang *scrap/defect*. Berikut ini merupakan contoh *red tag* yang dapat digunakan perusahaan

O

RED
TAG

Date : _____

Tagged by : _____

Item Name : _____

Location : _____

CATEGORY

☐ Electrical Tools
☐ Mechanical Tools
☐ Measurement Tools
☐ Other _____

☐ Machine Parts
☐ Jig
☐ Dies

REASON

☐ Not Needed
☐ Broken Tools
☐ Worn Out
☐ Other _____

☐ Old/ Obsolete

SUGGESTED ACTION

☐ Return to _____
☐ Discard _____
☐ Move to _____
☐ Recycle _____
☐ Other _____

ADDITIONAL COMMENTS

Gambar 6. 10 Desain *Red Tag* pada *Tools*

2. *Set in Order*

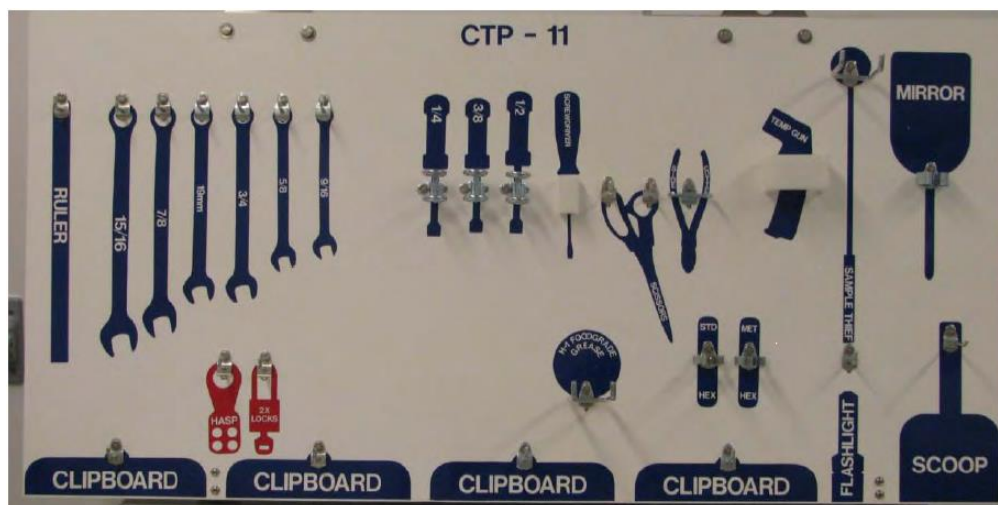
Set in order yakni menempatkan segala sesuatu pada tempat yang semestinya sehingga peralatan tersebut siap untuk digunakan dan dapat mengeliminasi kebutuhan untuk mencari peralatan tersebut. Penerapan *set in order* yang dapat diterapkan pada perusahaan *spring* ini adalah sebagai berikut :

- a. Memberikan label pada *tools* dan menentukan tempat dan lokasi penyimpanan *tools*



Gambar 6. 11 *Set in Order Tools* (Saikh et al, 2015)

- b. Meletakkan *tools* yang sering digunakan lebih dekat, dapat menyusun *tools* dengan pemberian label seperti menggunakan *shadow board* jika memungkinkan

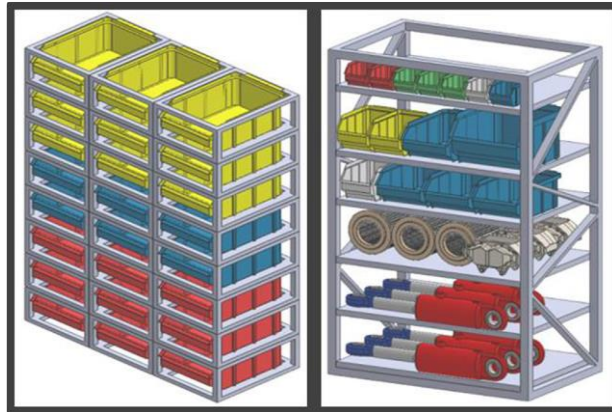


Gambar 6. 12 Contoh *Shadow Board* (Accuform Signs, 2014)

- c. Meletakkan material dan peralatan pada tempat yang dialokasikan dengan label yang benar.

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap kondisi *existing*, ditemukan tidak adanya label atau identifikasi rak pada *tools* komponen mesin serta tidak adanya identifikasi dan informasi mengenai jenis rak. Untuk itu perlu dilakukan usulan

perbaikan berupa membuat label yang ditempel pada rak untuk mengidentifikasi jenis atau tipe *tools*. Misalnya label pada semua jenis komponen *bearing*. Selain itu, perusahaan perlu menampilkan informasi mengenai jenis rak. Misalnya rak untuk meletakkan *electrical tools*, *mechanical tools*, dan lain-lain. Hal ini dapat mengeliminasi kebutuhan untuk mencari peralatan tersebut. Berikut ini merupakan desain rak beserta label identifikasi rak



Gambar 6. 13 Desain 3D Model Sistem Penyimpanan *Tools* (Chlebus, Helman, Olejarzyk, Roseinkiewicz, 2015)

<p style="text-align: center;">NAMA TOOLS</p> <p>PIC Departemen :</p> <p>Jumlah <i>Tools</i> :</p>

Gambar 6. 14 Desain Label Rak *Tools* Dan Komponen Mesin

3. *Shine*

Shine yakni menghilangkan kotoran, sampah, dan debu dari area kerja. Hal ini meliputi pembersihan, menjaga peralatan/fasilitas, serta inspeksi terhadap segala sesuatu yang *abnormality*. Elemen *shine* ini juga termasuk *maintenance* dari peralatan. Penerapan *shine* yang dapat diterapkan pada perusahaan *spring* ini adalah sebagai berikut :

- a. Tidak menunggu sampai benda menjadi kotor. Bersihkan dan segera meletakkan *tools* yang telah selesai digunakan ke tempat atau rak yang disediakan.

- b. Kebersihan rak atau almari *tools* merupakan tanggung jawab seluruh karyawan
- c. Menjaga segala sesuatu dalam kondisi yang baik seperti memastikan bahwa *tools* tidak rusak, berada ditempat yang sesuai, serta almari atau rak *tools* dalam keadaan bersih

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap kondisi *existing*, ditemukan *tools* yang berserakan di sekitar area produksi, serta almari yang digunakan untuk meletakkan peralatan atau *tools* dalam kondisi kotor dan berdebu. Untuk itu dilakukan usulan perbaikan dengan meletakkan *tools* sesuai dengan tempat atau yang telah disediakan dan melakukan pembersihan lemari secara berkala dari debu dan kotoran. Selain itu, pada elemen *shine* ini akan dilakukan identifikasi apakah *tools* dapat digunakan, harus diperbaiki, atau sudah tidak dapat digunakan. Sehingga dapat segera dilakukan tindakan penanganan terhadap *tools* tersebut.

4. *Standardize*

Standardize berfokus pada standardisasi 3S sebelumnya (*Seiri, Seiton, and Seiso*) agar dilakukan secara rutin. *Standardize* berarti mensistematiskan elemen 3S sebelumnya dengan memastikan kebersihan dan kerapian tetap terjaga. Berdasarkan pengamatan pada kondisi eksisting, ditemukan bahwa perusahaan tidak memiliki peraturan tertulis dan petunjuk untuk melakukan *sorting*, *set in order*, dan *shine* pada *tools* atau peralatan. Selain itu perusahaan juga belum memiliki standar dalam penyimpanan *tools*. Untuk itu dilakukan usulan perbaikan dengan membuat prosedur dokumen dan petunjuk untuk melakukan *sorting*, *set in order*, dan *shine*. Berikut ini merupakan peraturan untuk melakukan *sorting*, *set in order*, dan *shine* :

Peraturan *sorting, set in order, shine* pada *tools* :

1. Rapiakan rak *tools* setelah selesai bekerja
2. Kembalikan semua *tools* setelah selesai digunakan kedalam rak masing-masing sesuai jenis *tools*
3. Pastikan *tools* berada dirak yang telah ditentukan
4. Pastikan terdapat label pada *tools* dan pada rak tempat *tools*
5. Singkirkan semua *tools* yang sudah tidak terpakai
6. Pasangkan *red tag* pada *tools* yang sudah rusak atau atau sudah tidak dapat digunakan
7. Bersihkan secara rutin area penyimpanan *tools*, rak *tools*, dan *tools*
8. Pastikan alat kebersihan ada di area penyimpanan *tools*
 - a. Lap
 - b. Sulak
 - c. Kuas

5. *Sustain*

Sustain yakni kemampuan untuk membuat lingkungan kerja memiliki kebiasaan yang baik dan memiliki kedisiplinan. Hal ini menandakan komitmen pekerja untuk menjaga ketertiban dalam mempraktekkan 3S sebelumnya. Berdasarkan pengamatan pada kondisi saat ini, terdapat poster 5S yang ditempel pada lantai produksi. Namun dalam implementasinya, operator tidak menjalankannya secara disiplin. Sehingga banyak peralatan yang berserakan dan ditempatkan tidak sesuai tempatnya. Sehingga untuk meningkatkan kedisiplinan operator, maka perlu membuat sistem *reminder* 5S tidak hanya dari slogan dan poster 5S, namun juga perlu diterapkan *5 minutes 5S for tools*. *5 minutes 5S for tools* dilakukan diakhir pekerjaan.

5 minutes 5S for tools merupakan program untuk melakukan pemeriksaan sederhana yang dilakukan di akhir pekerjaan untuk memastikan bahwa semua *tools* telah berada di lokasi atau rak yang sesuai, dengan jumlah yang sesuai, dan mengembalikan *tools* yang masih berada di area kerja. Selain itu memastikan

Prosedur *5 minutes 5S for tools*, diantaranya adalah :

- | Form Checklist Tools Harian | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
| Departemen : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PIC : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bulan : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tools | Jumlah | Tanggal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | |
| Penggaris | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Meteran | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Jangka Sorong | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| . | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| . | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| . | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| dll | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Keterangan | Beri tanda √ jika material terpakai, beri catatan khusus di <i>notes</i> jika diperlukan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Notes : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

2. Mewajibkan setiap pekerja untuk melakukan dan memeriksa *tools* di area kerja masing-masing,
3. Memastikan bahwa tidak terdapat *tools* yang berserakan di area kerja,
4. Mewajibkan pekerja untuk memastikan bahwa rak atau area *tools* selalu bersih dan tidak berantakan,
5. Pekerja pada masing-masing area mengisi *check list tools* harian,
 - a. Jika *tools* terdapat di rak yang ditentukan dan jumlah nya sesuai, maka pekerja memberikan tanda centang pada lembar checklist tools harian
 - b. Jika terdapat *tools* yang hilang, atau tidak sesuai jumlah dengan label identitas *tools* pada rak, maka *tools* harus dicari.
 - c. Jika terdapat *tools* yang tidak pada tempatnya, maka harus diletakkan kembali di tempatnya.

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dipaparkan kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian tugas akhir dan saran yang diberikan untuk perusahaan serta penelitian-penelitian selanjutnya.

7.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil identifikasi *waste* dengan menggunakan metode *waste assessment model*, *value stream mapping* dan *process activity mapping*, dapat diketahui bahwa 3 *waste* kritis yang terjadi pada proses produksi *leaf spring* perusahaan amatan adalah *defect*, *inventory* dan *waiting*.
2. Akar permasalahan terjadinya *waste defect* diantaranya adalah material mudah bergeser yang dapat menyebabkan lubang *clip* yang dihasilkan bervariasi, *stopper* yang digunakan lentur dan mudah bengkok, *gripper* mengalami deformasi, sistem keluar masuk material dari gudang *raw material* belum ada dan tidak terdapat program terhadap pemantauan kinerja *supplier*. Sedangkan akar permasalahan terjadinya *waste inventory* adalah luas area gudang *raw material* tidak dapat menampung seluruh material yang dibeli, adanya perbedaan waktu selesai pada tiap tipe *leaf*, dan tidak adanya penggolongan material tidak terpakai seperti *scrap* dan produk *defect*. Dan akar permasalahan terjadinya *waste waiting* adalah banyak produk yang harus di *repair*, Tidak adanya implementasi 5S pada *tools*, Implementasi 5S tidak dijalankan sepenuhnya di gudang *raw material*.
3. Berdasarkan kondisi *existing* yakni *current state value stream mapping* pada proses produksi *multi leaf spring* lokal, waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan 100 *multi leaf spring* lokal adalah 901.65 menit dengan total *delay* atau *waiting* 651.68 menit. Sedangkan berdasarkan alur proses

produksi perbaikan pada *future state value stream mapping*, waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan 100 *leaf spring* adalah 824.97 menit dengan total *delay* atau *waiting* 416.66 menit. Sehingga dengan menerapkan *future state value stream mapping* terjadi penurunan *lead time* sebesar 76.67 menit dan penurunan *delay* sebesar 235.02 menit.

4. Berdasarkan nilai RPN tertinggi, maka rekomendasi perbaikan untuk mengurangi akar permasalahan dari *waste* kritis adalah pembuatan *jig* pada mesin *power press* proses *clip* dan *silincer hole*, perbaikan desain *stopper taper*, pembuatan SOP penanganan material/produk *defect* dan *scrap*, dan penerapan 5S pada *tools* di lantai produksi.

7.2 Saran

Berikut ini merupakan saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan.

1. Perusahaan sebaiknya melakukan *lean assessment* terhadap proses produksi yang dijalankan perusahaan.
2. Perusahaan perlu memperhitungkan urutan proses produksi *leaf spring* dengan memilih *lead time* terpendek.
3. Perusahaan harus memiliki komitmen untuk melakukan *continuous improvement*, melakukan 5S secara menyeluruh baik pada *shop floor* maupun pada *office*.
4. Penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan pemilihan alternatif perbaikan yang dapat memberikan dampak paling besar terhadap perusahaan, identifikasi biaya terhadap setiap alternatif perbaikan yang diajukan serta dilakukan pengukuran terhadap peningkatan produktivitas setelah penerapan usulan perbaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Fawaz. (2003) 'lean manufacturing tools and techniques in the process industry with a focus on steel. School of engineering'. university of pittsburgh.
- Accuform Sign. (2014). *5S Solution for the visual workplace*.
- Ajay, Mandar, & Baskar. (2014) 'Design and analysis of leaf spring with different arrangements of composite leaves with steel leaves'. *International journal of engineering trends and technology*. Vol 11, No 2.
- Alridge, J.R and Dale .(2003) *Managing quality : fourth edition*. Blackwell Publishing Ltd. Berlin. Germany.
- Ashvini, Gandhare, Aradhye & Hargude. (2015) 'Deflection analysis of steel leaf springs vs composite leaf spring through FEA software'. *International journal of application or innovation in engineering & management*. Vol 4.pp 1-8.
- Barsalou, Matthew. (2015) *Root Cause Analysis*. CRC Press. Taylor and Francis Group, US.
- Bosch Corporation. (2004). 'Premium Freight Guide for Robert Bosch Corporation'. NAFTA Region.
- Chlebus, Helman, Olejarzyk, Roseinkiewicz. (2015). 'A new approach on implementing TPM in a mine – a case study'. *Original Reaserach article*. Available at : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1644966515000643> (Accessed : 30 April 2017).
- Daonil. (2012). 'Implementasi Lean Manufacturing Untuk Eliminasi Waste Pada Lini Produksi Machining Cast Wheel Dengan Menggunakan Metode WAM Dan VALSAT'. Megister Teknik-Universitas Indonesia. Jakarta.
- Gaikindo. (2017) 'Industri Otomotif Sanggup Tingkatkan Kontribusi Ekonomi' Available at: <http://www.gaikindo.or.id/industri-otomotif-sanggup-tingkatkan-kontribusi-ekonomi/> (Accessed : 25 Maret 2017).
- Hines, et al. (2008) *Staying Lean : Thriving, not just Surviving*. Cardiff University.

- Hines, P and Taylor. (2000) *Going Lean*, Lean Enterprise Research Center. Cardiff Business School. UK.
- Hines, P., and Rich. (1997) 'The Seven Value Stream Mapping Tools'. *International Journal of Operations and Production Management* Vol 17, Edisi 1.
- International Trade Center. (2012). *Good Housekeeping Techniques for Enhancing Productivity, Quality and Safety at The Workplace*.
- Liker, J. K and Meier, David. (2006) *The Toyota Way*. Mc Graw-Hill, US Amerika.
- Melton T. (2005) 'The Benefit Of Lean Manufacturing : What Lean Thinking Has To Offer The Process Industries'. *Trans IchemE Journals*, Part A, Vol 83, No.6. Institution of Chemical Engineers. UK.
- Nash, Mark and Poling S. (2008) *Mapping The Total Value Stream*. CRC Press. London, New York.
- Patel, J. (2015) 'Design and analysis of composite leaf spring'. Available at: <http://gnu.inflibnet.ac.in/handle/123456789/1149> (Accessed: 6 May 2017).
- Rawabdeh, I. (2005) 'A model for the assessment of waste in job shop environments'. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 25, pp 800-822.
- Rian and Singgih. (2012). 'Perbaikan Proses Produksi Blender Menggunakan Pendekatan Lean Manufacturing di PT. PMT'. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XV*. Program Studi MMT-ITS, Surabaya.
- Rooney, James & Heuvel Lee. (2004) *Root Causes Analysis*. A Research paper.
- Rother, Mike and Shook, John. (2009) *Learning to See : Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda*. Lean Enterprise Institute. USA.
- Ruffa, Stephen. (2008) *Going Lean : How The Best Companies Apply Lean Manufacturing Principles to shatter uncertainty, drive innovation, and maximize profits*. Graphic Composition. Amerika.
- Saikh, et.al. (2015) 'Review of 5S Technique'. *Internal journal of science, engineering, and technology research*. Vol 4, Issue 4. Pp 927-931.

- Sali, Sonal & Balbheem kamanna. (2016) 'Parametric designing and simulation of mono leaf spring using solidworks'. *International journal of latest trends in engineering and technology*. Vol 6,pp 90-97.
- Saini, Anish, & Dushyant. (2013) 'Design and analysis of composite leaf spring for light vehicles'. *International journal of innovative research in science, engineering and technology*. Vol 2.
- United States Environmental Protection Agency. (2007). *Guidance for preparing standard operating procedures (SOPs)*.
- Venkatesh, J. (2007) 'An introduction to total productive maintenance (TPM)', *The plant maintenance resource center*. Available at: <http://faculty.nps.edu/dl/sysengineering/se3302/pdf/anintroductiontototalproductivemaintenance.pdf>.
- Wedgwood, I. D., (2006) *Lean Sigma: A Practitioner's Guide*. 1st ed. New Jersey: Prentice Hall.
- Wilson, Lonnie (2010) *How to implement lean manufacturing*. Mc Graw hill. New York.
- Womack, J., & Jones, D (2002) *Seeing the Whole: Mapping the Extended Value Stream*. The Lean Enterprise Institute. USA.
- Womack, J., & Jones, D. (2003) *Lean Thinking*, Free Press. Simon & Schuster. USA.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN A

Proses Produksi *Multi Leaf Spring* Lokal

No	Proses	Mesin	Waktu (detik)	Kapasitas (unit/hari)	Availability
1	<i>Shearing</i>	<i>Cutting Machine</i>	10	63,000	80%
2	<i>Eye Forming (Berlin)</i>	<i>End Heating & Eye Forming Machine</i>	33	207,900	75%
3	<i>Eye Forming</i>	<i>End Heating & Eye Forming Machine</i>	33	207,900	75%
4	<i>Center Hole</i>	<i>Drill Machine</i>	10	63,000	80%
5	<i>Heating</i>	<i>Heating Furnace</i>	14	88,200	75%
6	<i>Cambering</i>	<i>Press Quenching Machine</i>	10	63,000	80%
7	<i>Quenching</i>	<i>Quenching Machine</i>	8	50,400	80%
8	<i>Tempering</i>	<i>Tempering Furnace</i>	9	56,700	80%
9	<i>Stress Shot Peening</i>	<i>Peening Machine</i>	12	75,600	80%
10	<i>Reaming</i>	<i>Eye Reaming Machine</i>	26	163,800	80%
11	<i>Anti Rust Painting</i>	<i>Dipping Machine</i>	58	365,400	80%
12	<i>Press Bushing</i>	<i>Press Bushing Machine</i>	22	138,600	80%
13	<i>Shearing</i>	<i>Cutting Machine</i>	10	63,000	80%
14	<i>Center Hole</i>	<i>Drill Machine</i>	10	63,000	80%
15	<i>Silincer Hole</i>	<i>Power Press Machine</i>	10	63,000	80%
16	<i>Wrapper Forming</i>	<i>End Heating & Wrapper Forming Machine</i>	33	207,900	75%
17	<i>Heating</i>	<i>Heating Furnace</i>	14	88,200	75%
18	<i>Cambering</i>	<i>Press Quenching Machine</i>	10	63,000	80%
19	<i>Quenching</i>	<i>Quenching Machine</i>	8	50,400	80%
20	<i>Tempering</i>	<i>Tempering Furnace</i>	9	56,700	80%
21	<i>Stress Shot Peening</i>	<i>Peening Machine</i>	12	75,600	80%
22	<i>Anti Rust Painting</i>	<i>Dipping Machine</i>	58	365,400	80%
23	<i>Shearing</i>	<i>Cutting Machine</i>	10	63,000	80%
24	<i>Center Hole</i>	<i>Drill Machine</i>	10	63,000	80%
25	<i>Taper</i>	<i>End Heating & Taper Roll</i>	12	75,600	80%
26	<i>Clip Hole</i>	<i>Power Press Machine</i>	10	63,000	80%
27	<i>Heating</i>	<i>Heating Furnace</i>	14	88,200	70%
28	<i>Cambering</i>	<i>Press Quenching Machine</i>	10	63,000	80%
29	<i>Quenching</i>	<i>Quenching Machine</i>	8	50,400	80%
30	<i>Tempering</i>	<i>Tempering Furnace</i>	9	56,700	80%
31	<i>Stress Shot Peening</i>	<i>Peening Machine</i>	12	75,600	80%
32	<i>Anti Rust Painting</i>	<i>Dipping Machine</i>	58	365,400	80%
33	<i>Clip Clamping</i>	<i>Clip Clamping Machine</i>	17	107,100	80%

No	Proses	Mesin	Waktu (detik)	Kapasitas (unit/hari)	Availability
34	<i>Assembling</i>	<i>Assembling Line</i>	25	157,500	80%
35	<i>Setting & Load Testing</i>	<i>Setting & Load Test Testing</i>	25	157,500	80%
36	<i>Final Painting</i>	<i>Painting Machine</i>	28	176,400	80%
37	<i>Part No, Logo</i>		25	157,500	80%
38	<i>Final Inspection</i>		25	157,500	80%
39	<i>Packaging</i>		29	182,700	80%

Catatan :

	<i>Leaf Tipe 1</i>
	<i>Leaf Tipe 2</i>
	<i>Leaf Tipe 3</i>
	<i>Assembling</i>

Proses pembuatan *leaf spring* adalah sebagai berikut :

22. **Shearing** : Proses ini *flat bar* di potong menjadi ukuran *leaf spring* sesuai permintaan *customer*
23. **Punching (Center Hole, Silincer Hole, Clip Hole)** : Merupakan proses pelubangan material *leaf spring* pada area tengah maupun sisi kanan/kiri bolt, klip, dll.
24. **End Heating** : Pada proses ini material *leaf spring* dipanaskan sebagai media untuk mempermudah proses pembentukan.
25. **Taper** : Proses pembentukan material *leaf spring* yang memipihkan pada bagian ujungnya.
26. **Eye Forming** : Proses pembentukan material *leaf spring* yang membentuk bulatan atau *eye* pada bagian ujungnya yang berfungsi sebagai tempat pin pada kendaraan.
27. **Wrapper Forming** : Proses pembentukan material *spring* yang membentuk setengah bulatan pada ujung material yang berfungsi sebagai penahan bagian *eye* pada *leaf*.
28. **Heating** : Proses pemanasan material *leaf spring* sebesar 800-900 derajat sehingga struktur material mencapai fase austenit yang bertujuan untuk

mendapatkan kekerasan bahan sesuai spesifikasi sehingga mudah untuk dibentuk.

29. **Cambering** : Proses pembentukan material *leaf spring* yang membentuk parabola dengan radius tertentu yang berfungsi untuk menghasilkan daya pegas.
30. **Quenching** : Proses pembentukan material *leaf spring* dengan mendinginkan material hasil *output heating* yang bertemperatur 700-800 derajat pada oli dengan temperatur minimal 60 derajat celsius
31. **Tempering Furnace** : Proses pemanasan material *leaf spring* pada temperatur 400-500 derajat yang bertujuan untuk menghasilkan material dengan strukturnya pada fase *tempering* martensite sehingga didapatkan kekerasan material sebesar 2,85-3,05 HBD (*Hardness Bridnell Diameter*).
32. **Strees Shoot Peening** : Proses pembentukan material *leaf spring* dengan ditembak atau ditumbuk bola-bola baja berukuran tertentu pada sisi tension tetapi material dalam keadaan diberi beban sehingga material mempunyai *residual stress* (tegangan sisa) yang lebih tinggi.
33. **Anti Rust Painting** : Proses pelapisan material *leaf spring* dengan cat anti karat dengan ketebalan 20 μm (micro meter) yang berfungsi melindungi material dari oksidasi.
34. **Reaming** : Proses penghalusan sisi dalam diameter *eye* yang bertujuan untuk mempersisakan ukurannya terhadap diameter *bushing* sehingga dapat terpasang dengan presisi.
35. **Press Bushing atau Bush Fitting** : Proses pemasangan *bushing* pada lubang *eye* yang berfungsi sebagai bantalan antara material dengan pin yang terpasang.
36. **Clip Clamping** : Proses pemasangan clip untuk menyatukan *leaf spring*
37. **Assembling** : Proses perakitan *leaf spring* sesuai dengan jumlah *leaf* yang diinginkan sehingga fungsi pegas *leaf spring* dapat bekerja sempurna.
38. **Setting & Load Testing** : Proses pengecekan spesifikasi tinggi *chamber* terhadap beban sehingga didapat rangking dari *leaf spring* sesuai dengan yang diinginkan.

- 39. ***Final Painting*** : Proses pengecatan *leaf spring* dengan warna dan spesifikasi yang diinginkan.
- 40. ***Part No & Logo*** : Pemberian nomor identifikasi dan logo sebagai data *traceability*
- 41. ***Final Inspection*** : Inspeksi pada *leaf spring*, seperti pengecekan nomor, logo dan cat.
- 42. ***Packaging*** : Pemberian kemasan pada *leaf spring*

LAMPIRAN B

Penjelasan Keterkaitan antar Waste

Overproduction

O_I : Over-production consumes and needs large amounts of raw material causing stocking of raw material and producing more work-in-process that consume floor space, and are considered as a temporary form of inventory that has no customer (process) that may order it.

O_D : When operators are producing more, their concern about the quality of the parts produced will decrease, because of the sense that there exists enough material to substitute the defects.

O_M : Overproduction leads to non-ergonomic behavior, which leads to non-standardized working method with a considerable amount of motion losses.

O_T : Over-production leads to higher transportation effort to follow the overflow of materials.

O_W : When producing more, the resources will be reserved for longer times, thus other customer will be waiting and larger queues begin to form Inventory

Inventory

I_O : The higher level of raw materials in stores can push workers to work more, so as to increase the profitability of the company.

I_D : Increasing inventory (RM, WIP, and FG) will increase the probability of become defected due to lack of concern and unsuitable storing conditions.

I_M : Increasing inventory will increase the time for searching, selecting, grasping, reaching, moving, and handling.

I_T : Increasing inventory sometimes block the available aisles, making a production activity more transportation time-consuming.

Defects

D_O : Over-production behavior appears in order to overcome the lack of parts due to defects.

D_I : Producing defective parts that need to be reworked means that increased levels of WIP exist in the form of inventory.

D_M : Producing defects increases the time of searching, selection, and inspection of parts, not to mention that reworks are created which need higher training skills.

D_T : Moving the defective parts to rework station will increase transportation intensity (back streams) i.e. Wasteful transportation activities.

D_W : Reworks will reserve workstations so that new parts will be waiting to be processed

Motion

M_I : Non-standardized work methods lead to high amounts of work in process.

M_D : Lack of training and standardization means the percentage of defects will increase.

M_P : When jobs are non-standardized, process Waste will increase due to the lack of understanding the available technology capacity.

M_W : When standards are not set, time will be consumed in searching, grasping, moving, assembling, which result in an increase in part waiting parts.

Transportation

T_O : Items are produced more than needed based on the capacity of the handling system so as to minimize transporting cost per unit.

T_I : Insufficient number of material handling equipment (MHE) leads to more inventory that can affect other processes.

T_D : MHE plays a considerable role in transportation Waste. Non-suitable MHE can sometimes damage items that end being defects.

T_M : When items are transported anywhere this means a higher probability of motion Waste presented by double handling and searching.

T_W : If MHE is insufficient, this means that items will remain idle, waiting to be transported

Process

P_O : In order to reduce the cost of an operation per machine time, machines are pushed to operate full time Shift , which finally results in overproduction.

P_I : Combining operations in one cell will result directly to decrease WIP amounts because of eliminating buffers.

P_D : If the machines are not properly maintained defects will be produced.

P_M : New technologies of processes that lack training create the human motion Waste.

P_W : When the technology used is unsuitable, setup times and repetitive downtimes will lead to higher waiting times.

Waiting

W_O : When a machine is waiting because its supplier is serving another customer, this machine may sometimes be forced to produce more, just to keep it running.

W_I : Waiting means more items than needed at a certain point, whether they are RM, WIP, or FG.

W_D : Waiting items may cause defects due to unsuitable conditions.

(Sumber: Rawabdeh, 2005)

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN C

KUESIONER IDENTIFIKASI WASTE PADA PROSES PRODUKSI *LEAF SPRING*

Responden yang terhormat, saya Riza Nur Madaniyah mahasiswi semeseter akhir yang sedang mengambil mata kuliah tugas akhir di Departemen Teknik Industri ITS saat ini sedang menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**MINIMASI WASTE PADA PROSES PRODUKSI *LEAF SPRING* DENGAN PENDEKATAN *LEAN MANUFACTURING***” mengharapkan kesediaan Bapak untuk membantu mengisi kuesioner di bawah ini.

Penyebaran kuesioner ini ditujukan untuk melakukan identifikasi terhadap *waste* pada proses produksi *leaf spring*. Dalam hal ini, pengambilan data akan dilakukan secara langsung kepada *expert* di dalam unit pabrik terkait. Hasil kuesioner akan diolah lebih lanjut dan digunakan untuk kepentingan akademik (penelitian tugas akhir).

Hasil kuesioner ini akan diolah lebih lanjut dan digunakan untuk kepentingan tugas akhir. Atas kerjasama dan kesediaan Bapak dalam mengisi kuesioner, saya mengucapkan terima kasih.

BIODATA RESPONDEN

Jabatan :

Penjelasan :

Berilah tanda centang pada aspek dan daftar pertanyaan dalam tabel di bawah :

No	Aspek dan Daftar Pertanyaan	Ya	Sedang	Tidak
1	Apakah pihak manajemen sering melakukan pemindahan operator untuk semua pekerjaan sehingga satu jenis pekerjaan bisa dilakukan oleh semua operator?			
2	Apakah terdapat akumulasi material yang berlebih yang menunggu untuk diperbaiki, atau dikembalikan ke <i>supplier</i> ?			
3	Apakah terdapat tumpukan material yang tidak diperlukan di sekitar area tumpukan material?			

No	Aspek dan Daftar Pertanyaan	Ya	Sedang	Tidak
4	Apakah material sering dipindahkan daripada yang dibutuhkan?			
5	Apakah seringkali terjadi kerusakan material ketika proses pemindahan/transportasi?			
6	Apakah WIP sering tercampur dengan material lainnya yang digunakan atau dipindahkan untuk operasi berikutnya ?			
7	Apakah material diberi label untuk mempermudah identifikasi?			
8	Apakah terdapat penyimpanan barang yang masih dalam proses (WIP) untuk diproses kemudian?			
9	Apakah dilakukan pemesanan material dan menyimpan di gudang, meskipun tidak diperlukan segera?			
10	Apakah terdapat penumpukan barang jadi di dalam gudang penyimpanan yang tidak memiliki pelanggan yang dijadwalkan?			
11	Apakah ada pengujian terhadap efisiensi mesin dan pengujian standar spesifikasi manufaktur sudah dilakukan secara berkala?			
12	Apakah perbedaan laju stasiun setiap mesin dapat mengganggu aliran produksi?			
13	Apakah ada kebijakan manajemen untuk memproduksi lebih dari yang dibutuhkan dalam rangka memaksimalkan kapasitas dan penggunaan mesin?			
14	Apakah mesin sering berhenti karena gangguan mekanis?			
15	Apakah alat-alat yang diperlukan sudah tersedia dan cukup untuk tiap proses?			
16	Apakah masih terdapat alat-alat yang sudah rusak dan tidak terpakai di tempat kerja?			
17	Apakah luas area penyimpanan sudah cukup, agar tidak terjadi <i>overload capacity</i> dan untuk menghindari kemacetan dari jalur gudang?			
18	Apakah penjadwalan produksi disesuaikan dengan jumlah kebutuhan dan permintaan pelanggan?			
19	Apakah sudah diterapkan <i>Quality Control</i> di tiap bagian?			
20	Apakah ada waktu standar yang ditetapkan untuk setiap operasi atau pekerjaan?			
21	Jika terjadi <i>delay</i> atau keterlambatan, apakah <i>delay</i> tersebut dikomunikasikan ke semua bagian?			

No	Aspek dan Daftar Pertanyaan	Ya	Sedang	Tidak
22	Apakah ada prosedur untuk pemeriksaan atau inspeksi terhadap produk yang dikembalikan pelanggan?			
23	Apakah terjadi penyimpanan material yang tidak seharusnya disimpan di area gudang? (misal : material sisa disimpan dalam gudang)			
24	Apakah prosedur kerja yang sudah ada mampu menghilangkan pekerjaan yang tidak perlu atau berlebihan?			
25	Apakah pelaksanaan <i>maintenance</i> mesin dilakukan sesuai jadwal?			

* Ya bernilai 1 ; Sedang bernilai 0.5 ; Tidak Bernilai 0

.....,..... April 2017

(.....)

*Nama & TTD

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN D

KUESIONER *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS* (FMEA)

Responden yang terhormat, saya Riza Nur Madaniyah mahasiswi semeseter akhir yang sedang mengambil mata kuliah tugas akhir di Departemen Teknik Industri ITS saat ini sedang menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**MINIMASI WASTE PADA PROSES PRODUKSI *LEAF SPRING* DENGAN PENDEKATAN *LEAN MANUFACTURING***” mengharapkan kesediaan Bapak untuk membantu mengisi kuesioner di bawah ini.

Kuesioner ini merupakan alat untuk menilai tingkat keparahan (*severity*), tingkat frekuensi kejadian (*occurrence*), dan tingkat kemampuan untuk dideteksi (*detection*) pada masing-masing potensi kegagalan dari setiap *waste* kritis yang diperoleh melalui hasil analisis 5 *Why's*.

Hasil kuesioner ini akan diolah lebih lanjut dan digunakan untuk kepentingan tugas akhir. Atas kerjasama dan kesediaan Bapak dalam mengisi kuesioner, saya ucapkan terima kasih.

BIODATA RESPONDEN

Jabatan :

Penjelasan :

Berikut ini merupakan penjelasan dan ketentuan kriteria dari *severity*, *occurrence*, dan *detection* masing-masing *waste* kritis yang digunakan untuk menganalisis risiko dari masing-masing akar permasalahan dari setiap *waste* kritis.

1. *Severity* : Merupakan tingkat keparahan dari potensi kegagalan dari masing-masing *waste* kritis.

Severity waste kritis defect

Effect	Severity	Rating
Tidak ada	Tidak mempengaruhi proses produksi	1
Sangat Minor	Dapat mempengaruhi proses produksi, namun dapat diabaikan	2
Minor	Dapat mempengaruhi proses produksi, dan berpotensi terhadap terjadinya kecacatan produk	3
Sangat Rendah	Dapat mempengaruhi proses produksi dan terjadi kecacatan pada produk, namun dapat diabaikan	4
Rendah	Dapat mempengaruhi proses produksi dan terjadi kecacatan pada produk	5
	Dalam satu bulan produksi, terjadi <10% produk mengalami <i>rework</i>	
Sedang	Dapat mempengaruhi proses produksi dan terjadi kecacatan pada produk	6
	Dalam satu bulan produksi, terjadi 10% - 20% produk mengalami <i>rework</i>	
Tinggi	Dapat mempengaruhi proses produksi dan terjadi kecacatan pada produk	7
	Dalam satu bulan produksi, terjadi 20 – 30% produk mengalami <i>rework</i>	
Sangat Tinggi	Dapat mempengaruhi proses produksi dan terjadi kecacatan pada produk	8
	Dalam satu bulan produksi, terjadi 30 – 50% produk mengalami <i>rework</i>	
Berbahaya	Dapat mempengaruhi proses produksi dan terjadi kecacatan pada produk	9
	Dalam satu bulan produksi, terjadi >50% produk mengalami <i>rework</i>	
Sangat Berbahaya	Dapat mempengaruhi proses produksi dan terjadi kecacatan pada produk	10
	Dalam satu bulan produksi, seluruh WIP mengalami <i>rework</i>	

Severity waste kritis Inventory

Effect	Severity	Rating
Tidak ada	Tidak menimbulkan <i>Inventory</i> dan atau WIP yg berlebihan	1
Sangat Minor	Terjadi WIP selama < 15 menit	2
Minor	Terjadi WIP selama 15 - 30 menit	3
Sangat Rendah	Terjadi WIP selama 30 - 60 menit	4

<i>Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Rating</i>
Rendah	Terjadi WIP selama 60 - 180 menit	5
Sedang	Terjadi WIP selama 180 - 480 menit	6
Tinggi	Terjadi WIP selama 480 – 1440 menit (1 hari)	7
Sangat Tinggi	Terjadi WIP selama 1 - 3 Hari	8
Berbahaya	Terjadi WIP selama 3- 7 Hari	9
Sangat Berbahaya	Terjadi WIP selama > 1 Minggu	10

Severity waste kritis waiting

<i>Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Rating</i>
Tidak ada	Tidak mempengaruhi proses produksi	1
Sangat Minor	Memberikan pengaruh terhadap proses produksi, namun dapat diabaikan	2
Minor	Memberikan pengaruh terhadap proses produksi, namun tidak menyebabkan keterlambatan	3
Sangat Rendah	Memberikan pengaruh terhadap proses produksi dan menyebabkan keterlambatan <15 menit	4
Rendah	Menghentikan proses produksi 15 - 30 menit	5
Sedang	Menghentikan proses produksi 30 - 60 menit	6
Tinggi	Menghentikan proses produksi > 60 menit, namun < 1 hari	7
Sangat Tinggi	Menghentikan proses produksi selama 1 - 3 hari	8
Berbahaya	Menghentikan proses produksi selama > 3 hari namun < 10 hari	9
Sangat Berbahaya	Menghentikan proses produksi > 10 hari	10

2. *Occurrence* : Merupakan tingkat frekuensi terjadinya potensi kegagalan dari masing-masing *waste* kritis.

Occurrence waste kritis defect, inventory dan waiting

<i>Occurrence</i>	<i>Probabilitas Kejadian</i>	<i>Rating</i>
Tidak Pernah	Terjadi satu kali dalam kurun waktu >1 th	1
Jarang	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 – 12 bulan	2
	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 – 6 bulan	3
Kadang-kadang	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 - 3 bulan	4
	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 - 2 bulan	5
Cukup Sering	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 bulan	6
	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 - 2 minggu	7
Sering	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 minggu	8

<i>Occurrence</i>	Probabilitas Kejadian	<i>Rating</i>
	Terjadi satu kali dalam kurun waktu 1 - 3 hari	9
Sangat Sering	Setiap hari	10

3. *Detection* : Merupakan tingkat kemampuan dari potensi kegagalan masing-masing *waste* kritis untuk dideteksi.

Detection waste kritis defect, inventory dan waiting

<i>Detection</i>	Keterangan	<i>Rating</i>
Pasti	Pemborosan langsung dapat dideteksi	1
	Hasil deteksi akurat	
Sangat Mudah	Pemborosan dapat dideteksi melalui inspeksi visual	2
	Hasil deteksi akurat	
Mudah	Membutuhkan alat bantu dalam mendeteksi pemborosan	3
	Pemborosan baru dapat diketahui setelah dilakukan pendeteksian dengan alat bantu	
Cukup Mudah	Membutuhkan alat bantu dalam mendeteksi pemborosan	4
	Pemborosan dapat diketahui setelah pemborosan berakhir	
Sedang	Membutuhkan alat bantu dan analisis dalam mendeteksi pemborosan	5
	Pemborosan dapat terdeteksi jika dilakukan analisis lebih lanjut	
Cukup Sulit	Membutuhkan alat bantu canggih mendeteksi pemborosan	6
	Dibutuhkan metode tertentu untuk mengetahui pemborosan yang terjadi	
Sulit	Membutuhkan alat bantu canggih mendeteksi pemborosan	7
	Pemborosan sulit terdeteksi	
Sangat Sulit	Membutuhkan alat bantu canggih mendeteksi pemborosan	8
	Hasil deteksi tidak akurat	
Ekstrim	Alat bantu tidak dapat digunakan untuk mendeteksi pemborosan	9
	Hasil deteksi tidak akurat	
Tidak Dapat Terdeteksi	Pemborosan tidak dapat terdeteksi	10

Petunjuk Pengisian :

Berilah nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* untuk masing-masing potensi kegagalan dari setiap *waste* kritis yang mengacu pada skala yang telah ditetapkan pada tabel-tabel sebelumnya.

DEFECT

<i>Potential failure</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential cause</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>
Jarak lubang <i>clip & silincer</i> bervariasi	Banyak <i>internal defect</i> yang terjadi		Tidak terdapatnya <i>jig</i> pada mesin <i>punch</i> , sehingga material dapat bergeser-geser dalam proses pembentukan lubang		Belum ada <i>improvement</i> untuk meminimalkan terjadinya pergeseran material pada proses <i>clip & silincer hole</i>		
Dimensi material yg dipipihkan melebihi spesifikasi	Banyak <i>internal defect</i> yang terjadi		<i>Stopper</i> yang digunakan lentur dan mudah bengkok sehingga material tererosot ke dalam <i>stopper taper</i>		Belum ada <i>improvement</i> untuk mengganti <i>stopper</i>		
Proses <i>eye forming</i> tidak sempurna	Banyak <i>internal defect</i> yang terjadi		Material lepas dari <i>gripper</i>				
perputaran material tidak terjadi, sehingga material yang berada dibawah, akan tidak segera digunakan	Material berkarat karena terlalu lama disimpan di gudang, sehingga memerlukan proses tambahan		Sistem keluar masuk material dari gudang <i>raw material</i> belum ada		Material yang berada dibawah dipindahkan ke atas agar material yang dibawah dapat segera digunakan		

<i>Potential failure</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential cause</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>
Material banyak yang disimpan di luar gudang <i>raw material</i> (area terbuka)	Material berkarat karena disimpan di area yang terbuka		Luas gudang <i>raw material</i> tidak dapat menampung seluruh material yang dibeli		Material ditutup menggunakan terpal plastik agar tidak terpapar matahari secara langsung		
Performansi <i>supplier</i> tidak selalu bagus	kualitas material <i>flat bar</i> yang dihasilkan tidak selalu bagus		Tidak terdapat program pemantauan terhadap kinerja <i>supplier</i>		Pihak perusahaan melakukan <i>complain</i> kepada <i>supplier</i>		

INVENTORY

<i>Potential failure</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential cause</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>
Material banyak yang disimpan di luar gudang <i>raw material</i> (area terbuka)	<i>Inventory raw material</i> tidak rapi dan tidak terstruktur		Luas gudang <i>raw material</i> tidak dapat menampung seluruh material yang dibeli		Segera dilakukan pemindahan material jika terdapat rak kosong di gudang <i>raw material</i>		
<i>Leaf</i> yang selesai lebih awal menunggu semua komponen <i>leaf</i> selesai sebelum dilakukan proses	Terdapat tumpukan WIP di departemen <i>assembly</i>		Perbedaan waktu selesai pada setiap proses pengerjaan tipe <i>leaf</i>		Belum ada <i>improvement</i> untuk meminimalkan waktu lamanya menunggu		

<i>Potential failure</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential cause</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>
<i>assembly</i>							
Adanya <i>scrap</i> dan material <i>defect</i> di lantai produksi	Tumpukan material tidak terpakai seperti <i>scrap</i> , dan produk <i>defect</i> di sekitar lantai produksi dapat mengganggu berjalannya proses produksi		Tidak adanya penggolongan material tidak terpakai seperti <i>scrap</i> dan produk <i>defect</i> di area karantina		Disediakan rak untuk tempat material <i>defect</i> di area karantina tanpa ada penggolongan jenis		

WAITING

<i>Potential failure</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential cause</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>
Menunggu perbaikan produk cacat	Proses produksi dapat terhambat atau mengalami keterlambatan, bahkan harus berhenti dalam kurun waktu tertentu, sehingga dapat menimbulkan loss production		Banyak produk yang harus di repair		Melakukan pengontrolan produksi untuk meminimasi terjadinya defect		

<i>Potential failure</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential cause</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>
Menunggu dalam pencarian tools	Proses produksi dapat terhambat atau mengalami keterlambatan		Tidak terdapatnya implementasi 5S pada tools di lantai produksi		Tools alat inspeksi didekatkan dengan area inspeksi pada masing-masing departemen		
Menunggu mencari material sesuai spesifikasi	Proses produksi dapat mengalami keterlambatan		Tidak adanya implementasi 5S di gudang raw material		Menempelkan kartu identitas pada material		

....., Juni 2017

(.....)

LAMPIRAN E

Waste Assessment Questionnaire

No	Rawabdeh, 2005	Penulis berdasarkan kondisi perusahaan		Perusahaan	Ket
	Aspek dan Daftar Pertanyaan	Komentar	Pertanyaan		
MAN					
1	Apakah pihak manajemen sering melakukan pemindahan operator untuk semua pekerjaan sehingga satu jenis pekerjaan bisa dilakukan oleh semua operator?	Digunakan, karena memungkinkan terjadi di perusahaan dan cocok dengan <i>waste</i> yang diamati	Apakah pihak manajemen sering melakukan pemindahan operator untuk semua pekerjaan sehingga satu jenis pekerjaan bisa dilakukan oleh semua operator?	Menyetujui	<i>To Motion</i>
2	Apakah supervisor menetapkan standar untuk jumlah waktu dan kualitas produk yang ditargetkan?	Tidak digunakan, karena sudah diterapkan dalam kebijakan perusahaan	-		<i>From Motion</i>
3	Apakah pekerja untuk <i>shift</i> malam sudah cukup diawasi?	Tidak digunakan, karena tidak diterapkan dalam kebijakan perusahaan	-		<i>From Defect</i>
4	Apakah ada aktivitas atau kegiatan positif untuk meningkatkan semangat kerja?	Tidak digunakan, karena tidak diterapkan dalam kebijakan	-		<i>From Motion</i>

No	Rawabdeh, 2005	Penulis berdasarkan kondisi perusahaan		Perusahaan	Ket
	Aspek dan Daftar Pertanyaan	Komentar	Pertanyaan		
		perusahaan			
5	Apakah ada program pelatihan kerja untuk karyawan baru?	Tidak digunakan, karena tidak diterapkan dalam kebijakan perusahaan	-		<i>From Motion</i>
6	Apakah pekerja memiliki rasa tanggungjawab terhadap pekerjaannya?	Tidak digunakan karena tidak berhubungan dengan <i>waste</i> yang sedang diamati	-		<i>From Defect</i>
7	Apakah alat perlindungan keselamatan kerja sudah dimanfaatkan di area kerja?	Tidak digunakan karena tidak berhubungan dengan <i>waste</i> yang sedang diamati	-		<i>From Process</i>
MATERIAL					
8	Apakah <i>leadtime</i> dari <i>supplier</i> diterapkan untuk penjadwalan pemesanan material?	Tidak digunakan, karena sudah diterapkan dalam kebijakan perusahaan	-		<i>To Waiting</i>
9	Apakah sudah terdapat pengecekan jadwal untuk ketersediaan material sebelum memulai produksi?	Tidak digunakan, karena sudah diterapkan dalam kebijakan perusahaan	-		<i>From Waiting</i>

No	Rawabdeh, 2005	Penulis berdasarkan kondisi perusahaan		Perusahaan	Ket
	Aspek dan Daftar Pertanyaan	Komentar	Pertanyaan		
10	Apakah barang diterima dalam satu muatan?	Tidak digunakan karena tidak berhubungan dengan <i>waste</i> yang sedang diamati	-		<i>From Transportation</i>
11	Apakah pihak perencanaan produksi rutin memberi pemberitahuan kepada tenaga kerja di gudang mengenai aktivitas penyimpanan barang (termasuk stok) di gudang?	Tidak digunakan, karena sudah diterapkan dalam kebijakan perusahaan	-		<i>From Inventory</i>
12	Apakah ada pemberitahuan kepada pekerja di gudang jika terdapat perubahan terhadap <i>inventory</i> yang direncanakan?	Tidak digunakan, karena sudah diterapkan dalam kebijakan perusahaan	-		<i>From Inventory</i>
13	Apakah terdapat akumulasi material yang berlebih yang menunggu untuk diperbaiki, atau dikembalikan ke <i>supplier</i> ?	Digunakan, karena sesuai dengan kondisi pada perusahaan dan cocok dengan <i>waste</i> yang diamati	Apakah terdapat akumulasi material yang berlebih yang menunggu untuk diperbaiki, atau dikembalikan ke <i>supplier</i> ?	Menyetujui	<i>From Defect</i>
14	Apakah terdapat tumpukan material yang tidak diperlukan di sekitar area tumpukan material?	Digunakan, karena sesuai dengan kondisi pada perusahaan dan cocok dengan <i>waste</i> yang diamati	Apakah terdapat tumpukan material yang tidak diperlukan di sekitar area tumpukan material?	Menyetujui	<i>From Inventory</i>

No	Rawabdeh, 2005	Penulis berdasarkan kondisi perusahaan		Perusahaan	Ket
	Aspek dan Daftar Pertanyaan	Komentar	Pertanyaan		
15	Apakah tenaga kerja produksi berdiri disekitar area produksi untuk menunggu kedatangan material?	Tidak digunakan, karena tidak pernah terjadi hal seperti disamping	-		<i>From Waiting</i>
16	Apakah material sering dipindahkan daripada yang dibutuhkan?	Digunakan, karena memungkinkan terjadi di perusahaan dan cocok dengan <i>waste</i> yang diamati	Apakah material sering dipindahkan daripada yang dibutuhkan?	Menyetujui	<i>To Defect</i>
17	Apakah seringkali terjadi kerusakan material ketika proses pemindahan/transportasi?	Digunakan, karena memungkinkan terjadi di perusahaan dan cocok dengan <i>waste</i> yang diamati	Apakah seringkali terjadi kerusakan material ketika proses pemindahan/transportasi?	Menyetujui	<i>From Defect</i>
18	Apakah WIP sering tercampur dengan material lainnya yang digunakan atau dipindahkan untuk operasi berikutnya ?	Digunakan, karena memungkinkan terjadi di perusahaan dan cocok dengan <i>waste</i> yang diamati	Apakah WIP sering tercampur dengan material lainnya yang digunakan atau dipindahkan untuk operasi berikutnya ?	Menyetujui	<i>From Transportation</i>
19	Apakah bongkar muat material atau bahan baku ditangani secara manual?	Tidak digunakan, karena semua material ditangani secara semi otomotif, menggunakan forklift	-		<i>To Motion</i>

No	Rawabdeh, 2005	Penulis berdasarkan kondisi perusahaan		Perusahaan	Ket
	Aspek dan Daftar Pertanyaan	Komentar	Pertanyaan		
20	Apakah digunakan wadah tertentu (kotak/ <i>box</i>) untuk mempermudah proses perhitungan jumlah dan memudahkan untuk perpindahan barang?	Tidak digunakan, karena tidak diperlukan wadah khusus untuk memudahkan perpindahan barang	-		<i>From Waiting</i>
21	Apakah barang atau bahan baku yang sejenis disimpan dalam satu area?	Tidak digunakan, karena sudah diterapkan dalam kebijakan perusahaan	-		<i>From Motion</i>
22	Apakah tersedia wadah besar yang mudah dibawa untuk menghindari perulangan pemindahan material dengan wadah yang kecil?	Tidak digunakan, karena tidak diperlukan wadah khusus untuk memudahkan perpindahan barang	-		<i>From Transportation</i>
23	Apakah ada pengecekan material yang diterima untuk mengetahui kesesuaian standar kualitas dan kuantitas barang?	Tidak digunakan, karena sudah diterapkan dalam kebijakan perusahaan	-		<i>From Defect</i>
24	Apakah material diberi label untuk mempermudah identifikasi?	Digunakan, karena sesuai dengan kondisi pada perusahaan dan cocok dengan <i>waste</i> yang diamati	Apakah material diberi label untuk mempermudah identifikasi?	Menyetujui	<i>From Motion</i>

No	Rawabdeh, 2005	Penulis berdasarkan kondisi perusahaan		Perusahaan	Ket
	Aspek dan Daftar Pertanyaan	Komentar	Pertanyaan		
25	Apakah terdapat penyimpanan barang yang masih dalam proses (WIP) untuk diproses kemudian?	Digunakan, karena sesuai dengan kondisi pada perusahaan dan cocok dengan <i>waste</i> yang diamati	Apakah terdapat penyimpanan barang yang masih dalam proses (WIP) untuk diproses kemudian?	Menyetujui	<i>From Inventory</i>
26	Apakah dilakukan pemesanan material dan menyimpan di gudang, meskipun tidak diperlukan segera?	Digunakan, karena sesuai dengan kondisi pada perusahaan dan cocok dengan <i>waste</i> yang diamati	Apakah dilakukan pemesanan material dan menyimpan di gudang, meskipun tidak diperlukan segera?	Menyetujui	<i>From Inventory</i>
27	Apakah ada kelonggaran waktu untuk barang yang belum dipakai dan di simpan lama didalam gudang?	Tidak digunakan karena hampir sama dengan pertanyaan no 26	-		<i>To Waiting</i>
28	Apakah ada proses pencarian atau pengambilan ulang barang karena kesalahan ukuran/berat/bentuk/ warna produk yang tidak sesuai?	Tidak digunakan, karena jarang sekali terjadi dalam perusahaan	-		<i>From Defect</i>
29	Apakah material tiba tepat waktu ketika dibutuhkan?	Tidak digunakan, karena sudah ada kebijakan tersendiri dari perusahaan (material diberikan setiap 3 hari sekali)	-		<i>From Waiting</i>

No	Rawabdeh, 2005	Penulis berdasarkan kondisi perusahaan		Perusahaan	Ket
	Aspek dan Daftar Pertanyaan	Komentar	Pertanyaan		
30	Apakah terdapat penumpukan barang jadi di dalam gudang penyimpanan yang tidak memiliki pelanggan yang dijadwalkan?	Digunakan, karena sesuai dengan kondisi pada perusahaan dan cocok dengan <i>waste</i> yang diamati	Apakah terdapat penumpukan barang jadi di dalam gudang penyimpanan yang tidak memiliki pelanggan yang dijadwalkan?	Menyetujui	<i>From Over Production</i>
31	Apakah bahan baku dan peralatan disimpan dengan baik?	Tidak digunakan, karena sudah diterapkan dalam kebijakan perusahaan	-		<i>To Motion</i>
MACHINE					
32	Apakah ada pengujian terhadap efisiensi mesin dan pengujian standar spesifikasi manufaktur sudah dilakukan secara berkala?	Digunakan, karena sesuai dengan kondisi pada perusahaan dan cocok dengan <i>waste</i> yang diamati	Apakah ada pengujian terhadap efisiensi mesin dan pengujian standar spesifikasi manufaktur sudah dilakukan secara berkala?	Menyetujui	<i>From Process</i>
33	Apakah beban kerja tiap mesin dapat diprediksi dengan jelas?	Digunakan, namun disesuaikan dengan kondisi perusahaan	Apakah perbedaan laju stasiun setiap mesin dapat mengganggu aliran produksi?	Menyetujui	<i>To Waiting</i>
34	Apakah semua prosedural kerja sudah di standarisasi, di <i>review</i> dan di <i>improve</i> oleh <i>team</i> kerja secara teratur?	Tidak digunakan, karena sudah diterapkan dalam kebijakan perusahaan	-		<i>From Process</i>

No	Rawabdeh, 2005	Penulis berdasarkan kondisi perusahaan		Perusahaan	Ket
	Aspek dan Daftar Pertanyaan	Komentar	Pertanyaan		
35	Apakah kapasitas peralatan <i>material handling</i> sudah cukup untuk membawa barang yang paling berat?	Tidak digunakan, karena <i>material handling</i> yang digunakan adalah forklift	-		<i>From Transportation</i>
36	Jika peralatan <i>material handling</i> digunakan apakah jumlah yang dibawa sudah cukup?	Tidak digunakan, karena sudah disesuaikan dengan kapasitas <i>material handling</i> (forklift)	-		<i>To Motion</i>
37	Apakah ada kebijakan manajemen untuk memproduksi lebih dari yang dibutuhkan dalam rangka memaksimalkan kapasitas dan penggunaan mesin?	Digunakan, karena sesuai dengan kondisi pada perusahaan dan cocok dengan <i>waste</i> yang diamati	Apakah ada kebijakan manajemen untuk memproduksi lebih dari yang dibutuhkan dalam rangka memaksimalkan kapasitas dan penggunaan mesin?	Menyetujui	<i>From Over Production</i>
38	Apakah mesin sering berhenti karena gangguan mekanis?	Digunakan, karena sesuai dengan kondisi pada perusahaan dan cocok dengan <i>waste</i> yang diamati	Apakah mesin sering berhenti karena gangguan mekanis?	Menyetujui	<i>From Waiting</i>
39	Apakah alat-alat yang diperlukan sudah tersedia dan cukup untuk tiap proses?	Digunakan, karena sesuai dengan kondisi pada perusahaan dan cocok dengan <i>waste</i> yang diamati	Apakah alat-alat yang diperlukan sudah tersedia dan cukup untuk tiap proses?	Menyetujui	<i>From Waiting</i>

No	Rawabdeh, 2005	Penulis berdasarkan kondisi perusahaan		Perusahaan	Ket
	Aspek dan Daftar Pertanyaan	Komentar	Pertanyaan		
40	Apakah peralatan <i>material handling</i> beresiko terhadap kerusakan material?	Tidak digunakan, karena tujuan pertanyaan sama dengan pertanyaan pada poin 17	-		<i>To Defect</i>
41	Apakah waktu <i>set up</i> yang lama dapat menyebabkan penundaan terhadap aliran operasi?	Tidak digunakan, karena waktu set up tidak mengganggu aliran operasi	-		<i>From Waiting</i>
42	Apakah masih terdapat alat-alat yang sudah rusak dan tidak terpakai di tempat kerja?	Digunakan, karena sesuai dengan kondisi pada perusahaan dan cocok dengan <i>waste</i> yang diamati	Apakah masih terdapat alat-alat yang sudah rusak dan tidak terpakai di tempat kerja?	Menyetujui	<i>To Motion</i>
43	Apakah ada pertimbangan untuk meminimasi frekuensi dari setup dengan menyesuaikan penjadwalan dan disain?	Tidak digunakan, karena tidak sesuai dengan kebijakan pada perusahaan	-		<i>From Process</i>
METHOD					
44	Apakah luas area penyimpanan sudah cukup, agar tidak terjadi <i>overload capacity</i> dan untuk menghindari kemacetan dari jalur gudang?	Digunakan, karena sesuai dengan kondisi pada perusahaan dan cocok dengan <i>waste</i> yang diamati	Apakah luas area penyimpanan sudah cukup, agar tidak terjadi <i>overload capacity</i> dan untuk menghindari kemacetan dari jalur gudang?	Menyetujui	<i>To Transportation</i>

No	Rawabdeh, 2005	Penulis berdasarkan kondisi perusahaan		Perusahaan	Ket
	Aspek dan Daftar Pertanyaan	Komentar	Pertanyaan		
45	Apakah ada penomoran atau pelabelan dalam pengambilan material agar memudahkan dalam mengambil dan menyimpan bahan material?	Tidak digunakan, karena pemberian identitas dilakukan oleh supplier	-		<i>From Motion</i>
46	Apakah ruang penyimpanan digunakan secara efektif untuk menyimpan dengan bantuan rak-rak dan troli?	Tidak digunakan, karena sudah diterapkan dalam kebijakan <u>perusahaan</u>	-		<i>From Waiting</i>
47	Apakah ada pembagian area gudang, area aktif untuk order yang paling sering dan area cadangan untuk order lainnya?	Tidak digunakan, karena sudah diterapkan dalam kebijakan perusahaan	-		<i>To Motion</i>
48	Apakah penjadwalan produksi disesuaikan dengan jumlah kebutuhan dan permintaan pelanggan?	Digunakan, karena sesuai dengan kondisi pada perusahaan dan cocok dengan <i>waste</i> yang diamati	Apakah penjadwalan produksi disesuaikan dengan jumlah kebutuhan dan permintaan pelanggan?	Menyetujui	<i>To Waiting</i>
49	Apakah jadwal produksi dikomunikasikan ke semua bagian, sehingga isi jadwal dipahami secara luas?	Tidak digunakan, karena sudah diterapkan dalam kebijakan perusahaan	-		<i>To Defect</i>
50	Apakah ada pembuatan standar produksi atau SOP penggunaan mesin dalam melakukan pemindahan?	Tidak digunakan, karena sudah diterapkan dalam kebijakan perusahaan	-		<i>From Motion</i>

No	Rawabdeh, 2005	Penulis berdasarkan kondisi perusahaan		Perusahaan	Ket
	Aspek dan Daftar Pertanyaan	Komentar	Pertanyaan		
51	Apakah sudah diterapkan <i>Quality Control</i> di tiap bagian?	Digunakan, karena sesuai dengan kondisi pada perusahaan dan cocok dengan <i>waste</i> yang diamati	Apakah sudah diterapkan <i>Quality Control</i> di tiap bagian?	Menyetujui	<i>From Defect</i>
52	Apakah ada waktu standar yang ditetapkan untuk setiap operasi atau pekerjaan?	Digunakan, karena sesuai dengan kondisi pada perusahaan dan cocok dengan <i>waste</i> yang diamati	Apakah ada waktu standar yang ditetapkan untuk setiap operasi atau pekerjaan?	Menyetujui	<i>From Motion</i>
53	Jika terjadi <i>delay</i> atau keterlambatan, apakah <i>delay</i> tersebut dikomunikasikan ke semua bagian?	Digunakan, karena sesuai dengan kondisi pada perusahaan dan cocok dengan <i>waste</i> yang diamati	Jika terjadi <i>delay</i> atau keterlambatan, apakah <i>delay</i> tersebut dikomunikasikan ke semua bagian?	Menyetujui	<i>To Waiting</i>
54	Apakah ada pengaturan jadwal untuk kebutuhan tiap jenis produk sehingga tidak perlu ada pengulangan <i>setting</i> mesin?	Tidak digunakan, karena hampir sama dengan pertanyaan pada poin 43	-		<i>From Process</i>
55	Apakah memungkinkan untuk menggabungkan langkah-langkah proses pengerjaan menjadi lebih sederhana?	Tidak digunakan, karena tidak dapat diterapkan dalam perusahaan	-		<i>From Process</i>

No	Rawabdeh, 2005	Penulis berdasarkan kondisi perusahaan		Perusahaan	Ket
	Aspek dan Daftar Pertanyaan	Komentar	Pertanyaan		
56	Apakah ada prosedur untuk pemeriksaan atau inspeksi terhadap produk yang dikembalikan pelanggan?	Digunakan, karena sesuai dengan kondisi pada perusahaan dan cocok dengan <i>waste</i> yang diamati	Apakah ada prosedur untuk pemeriksaan atau inspeksi terhadap produk yang dikembalikan pelanggan?	Menyetujui	<i>To Defect</i>
57	Apakah arsip inventori digunakan untuk menentukan pembelian material dan menjadwalkan produksi?	Tidak digunakan, karena sudah diterapkan dalam kebijakan perusahaan	-		<i>From Inventory</i>
58	Apakah <i>aisle</i> (gang-gang) selalu dibersihkan dan dirapikan dengan baik?	Tidak digunakan, karena sudah diterapkan dalam kebijakan perusahaan	-		<i>To Transportation</i>
59	Apakah area penyimpanan diberi tanda dibagian-bagian tertentu?	Tidak digunakan, karena sudah diterapkan dalam kebijakan perusahaan	-		<i>To Motion</i>
60	Apakah luas <i>aisle</i> (gang-gang) cukup untuk pergerakan bebas alat-alat?	Tidak digunakan, karena <i>aisle</i> cukup untuk pergerakan bebas alat alat	-		<i>To Transportation</i>
61	Apakah terjadi penyimpanan material yang tidak seharusnya disimpan di area gudang? (misal : material sisa disimpan dalam gudang)	Digunakan, karena sesuai dengan kondisi pada perusahaan dan cocok dengan <i>waste</i> yang diamati	Apakah terjadi penyimpanan material yang tidak seharusnya disimpan di area gudang? (misal : material sisa disimpan	Menyetujui	<i>To Motion</i>

No	Rawabdeh, 2005	Penulis berdasarkan kondisi perusahaan		Perusahaan	Ket
	Aspek dan Daftar Pertanyaan	Komentar	Pertanyaan		
			dalam gudang)		
62	Apakah ada jadwal rutin untuk membersihkan pabrik secara keseluruhan?	Tidak digunakan karena ada jadwal rutin untuk membersihkan pabrik secara keseluruhan	-		<i>To Transportation</i>
63	Apakah aliran produksi mengalir satu arah?	Tidak digunakan karena tidak berhubungan dengan <i>waste</i> yang sedang diamati	-		<i>From Motion</i>
64	Apakah ada suatu kelompok yang bertugas menerima barang, memeriksa dan hal lainnya yang merupakan bentuk lain dari standarisasi?	Tidak digunakan, karena sudah diterapkan dalam kebijakan perusahaan	-		<i>From Motion</i>
65	Apakah standar kerja mempunyai tujuan yang jelas dan spesifik?	Tidak digunakan, karena standar kerja mempunyai tujuan yang jelas dan spesifik	-		<i>From Motion</i>
66	Apakah ketidakseimbangan kerja dapat di prediksi?	Tidak digunakan karena tidak berhubungan dengan <i>waste</i> yang	-		<i>From Over Production</i>

No	Rawabdeh, 2005	Penulis berdasarkan kondisi perusahaan		Perusahaan	Ket
	Aspek dan Daftar Pertanyaan	Komentar	Pertanyaan		
		sedang diamati			
67	Apakah prosedur kerja yang sudah ada mampu menghilangkan pekerjaan yang tidak perlu atau berlebihan?	Digunakan, karena sesuai dengan kondisi pada perusahaan dan cocok dengan <i>waste</i> yang diamati	Apakah prosedur kerja yang sudah ada mampu menghilangkan pekerjaan yang tidak perlu atau berlebihan?	Menyetujui	<i>From Process</i>
68	Apakah hasil <i>quality control</i> , uji produk dan evaluasi dilakukan dengan keilmuan teknik?	Tidak digunakan, karena sudah diterapkan dalam kebijakan perusahaan	-		<i>From Defect</i>
				Apakah pelaksanaan maintenance dilakukan sesuai jadwal?	<i>From Waiting</i>

BIOGRAFI PENULIS



Riza Nur Madaniyah lahir di Gresik pada tanggal 14 April 1995. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara pasangan Moh. Adnan dan Faizah, S.Pd. Pendidikan formal yang telah ditempuh penulis berawal dari MI Nasrul Umam Gresik, SMP Negeri 1 Gresik, SMA Negeri 1 Gresik, hingga ke jenjang sarjana di Departemen Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2017.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam beberapa kegiatan kepanitiaan, organisasi, serta penelitian. Penulis pernah tercatat sebagai staf Departemen Pendidikan, Keilmiah dan Teknologi BEM FTI-ITS 2014/2015, Sekretaris 1 BEM FTI-ITS 2015/2016 dan Koordinator Komisi 2 DPM FTI-ITS 2016/2017. Penulis juga aktif dalam badan koordinasi kepeemanduan, dan bergabung dalam anggota badan koordinasi kepeemanduan FTI-ITS 2014 – 2016. Selain itu, Penulis juga aktif dalam kepanitiaan berbagai *event*, baik *event* tingkat institut, tingkat fakultas, maupun tingkat jurusan.

Dalam rangka pengaplikasian keilmuan Teknik Industri, penulis pernah melakukan kerja praktik di PT Petrokimia Gresik pada Departemen Rancang Bangun. Selain itu, penulis turut berperan aktif dalam beberapa penelitian yang dikerjakan oleh dosen di bawah naungan Laboratorium Sistem Manufaktur dan Laboratorium Ergonomi dan Perancangan Sistem Kerja. Penulis dapat dihubungi melalui email rizanurmadaniyah@gmail.com.